

WIADOMOŚCI TECHNICZNO-ARTYLERYJSKIE

Nr. 10.

LIPIEC — SIERPIEŃ 1931 r.

TREŚĆ:

SOMMAIRE:

UWAGA: Liczby, umieszczone nad tytułami poszczególnych artykułów w tekście, oznaczają symbole klasyfikacji dziesiętnej.

Mjr. dr. FELSZTYN TADEUSZ,
inż. SMOLEŃSKI DIONIZY
i por. RAUHUT JAN.

AMUNICJA MAŁOKALIBROWA 0,22 CALA.

Amunicja „małokalibrowa" 0,22 cala (5,7 mm) jest dziś na całym świecie najbardziej rozpowszechnioną amunicją sportową. Ilość posługujących się nią strzelców sięga w miljony i niema dziś w Europie i Ameryce miasta, gdzieby była ona nieznaną.

Produkcja jej osiągnęła więc liczby, niespodziewane nigdy przed wojną i największe wytwórnie świata rywalizują ze sobą o pierwszeństwo w jej jakości.

Równocześnie i bronie, do niej dostosowane, doprowadzono do takiej doskonałości, że celność tej amunicji przekracza wszystko, co najprecyzyjniejsze karabiny mogą uzyskać. Rozrzuty, mieszczące na odległości 50 m 10 strzałów w średnicy 2 cm nie należą do rzadkości, oczywiście przy użyciu specjalnie do danego gatunku amunicji dobranej broni.

Balistycznie amunicja ta jest niezmiernie zajmująca. Małe siły, które tu występują, duża wrażliwość miękkiego pocisku ołowianego na najmniejsze wpływy ujemne, czynią z niej doskonały materjał, laboratoryjny niejako, by zanalizować wpływ poszczególnych czynników na celność strzału. Wszystko bowiem to, co zaznacza wpływ swój na bieg pocisku większego nieco kalibru, (t. j. normalnego pocisku karabinowego o płaszczu stalowym lub ze stopem miedzi), w sposób niejasny, zaciemniony, to tu jaskrawo rzuca się w oczy.

Z tego też względu amunicja małokalibrowa jest doskonałą szkołą dla gruntownego poznania *zagadnienia celności amunicji karabinowej wogóle.*

Choćby więc z tego względu zagadnienie celności amunicji małokalibrowej nie może być obojętne dla technika wojskowego, interesującego się problemem amunicji karabinowej. Poza tem jednak i z punktu widzenia czysto nawet wojskowych zainteresowań rzecz ta jest niewątpliwie zajmująca. Z chwilą bowiem wprowadzenia amunicji małokalibrowej 0,22 cala jako normalnej amunicji dla celów wyszkolenia strzeleckiego wojska (strzelanie wstępne, poprzedzające strzelanie ostre i strzelanie sportowe, oficjalnie uznane i ujęte w programie nowej Instrukcji Strzeleckiej), — amunicja małokalibrowa staje się tak samo częścią uposażenia uzbrojeniowego wojska, jak np. amunicja ślepa.

Z tych też względów zamierzamy podać tu wyniki naszych badań nad amunicją małokalibrową, jakie przeprowadziliśmy w latach 1928 i 1929, a to tem bardziej, że fachowa prasa wojskowa polska tem zagadnieniem dotychczas mało lub wcale się nie interesowała. Tymczasem zagranicą zainteresowanie nią jest bardzo duże. Najwięcej niezmiernie zajmującego materjału w tej dziedzinie podają: niemieckie czasopismo „Kugel und Schrot", oficjalny organ „Deutsche Versuchsanstalt für Handfeuerwaffen" i amerykańskie czasopismo „American Rifleman", które oprócz wiadomości sportowych podaje również materjał niejednokrotnie o bardzo dużej wartości naukowej i o wysokim poziomie fachowym, materjał cytowany i tłumaczony, wielokrotnie w piśmie tak poważnem, jak „Mémorial de l'Artillerie Française".

Dwa rodzaje amunicji małokalibrowej zyskały sobie największą popularność; są to amunicje t. zw. „krótka" (short) i „długa" (long rifle).

Badania, jakie przeprowadzili w 1927 r. mjr. dr. Felsztyn Tadeusz i kpt. Szottek Aleksander (obydwaj podówczas z C. S. S.) nad amunicją krótką „short" zostały opublikowane w Nr. 1 i 2 „Przeglądu Strzeleckiego i Łuczniczego" z 1928 r.

Opierając się o rozwinięte podczas tej pracy metody badawcze i uzupełniając je wynikiem poczynionych w międzyczasie spostrzeżeń, przystąpiliśmy latem 1928 r. do analogicznego badania amunicji „long rifle", przyczem studjum nasze rozciągnęliśmy na wszystkie najważniejsze i najbardziej wzięte rodzaje amunicji, spotykane u nas w handlu, będące w użytku naszych sportowców i znanych sportowców zagranicznych.

Celem naszej pracy było dokładne zbadanie wszystkich — dla użytku praktycznego amunicji — ważnych jej cech oraz, o ile moż-

ności, — szczegółowa analiza przyczyn, powodujących tę lub inną cechę dodatnią, czy też ujemną.

Do prób użyto amunicji następującej:

amerykańskiej — Winchester Precision 200, Winchester Staynless, Remington Palma, Remington Kleanbore,

niemieckiej — R. (dawna „Unterdorfer"), R. Galvano, różniącej się od zwykłej „R" tem, że pocisk jest zewnętrznie galwanizowany miedzią,

a oprócz tego dla porównania — amunicji krajowej „Pocisk" z roku 1928 (oznaczonej dalej jako „Pocisk partja II") i „Pocisk" z roku 1929 (oznaczonej jako „Pocisk partja III"); obie te partje amunicji zostały nam dostarczone do prób przez wytwórnię „Pocisk".

Jako broni użyto następujących karabinków małokalibrowych (kalibru 0,22 cala):

1) kbk. Winchester,
2) kbk. Widmer,
3) kbk. Vickers.

Wszystkie te karabinki były celne, w zupełnie dobrym stanie, czego najlepszym dowodem średni ich rozrzut (p. Zestawienie 1).

Zestawienie 1.

Średnie rozrzuty użytych do prób karabinków:

Rodzaj kbk.	Rozrzuty	Odległość			
		50 m	100 m	150 m	200 m
Winchester	Rozrzut całkowity	2,7×1,8	8,4×5,9	22,7×9,4	31,2×12,2
	Średnica koła zamyk. rozrzut	2,0	6,2	12,9	17,2
Widmer	Rozrzut całkowity	2,8×2,0	10,1×6,2	21,1×8,9	26,5×12,2
	Średnica koła zamyk rozrzut	2,1	7,0	12,0	15,9
Vickers	Rozrzut całkowity	2,8×2,2	11,4×4,5	22,4×9,4	30,2×12,4
	Średnica koła zamyk. rozrzut	2,2	6,3	12,7	17,1

Uwaga: Średnicę koła zamyk. rozrzut całkowity obliczano według wzoru:

$$2r = 0{,}88 \sqrt{\text{wys.} \times \text{szerok. rozrzutu}}.$$

Średnica rozrzutu na 50 m wynosi więc średnio od 2,0 do 2,2 cm, wynik, który według „Kugel und Schrot" Nr. 9 z 1930 r. str. 108 należy uznać za doskonały.

Program prób obejmował:

1) Strzelanie na celność:

a) Rozrzuty na 50 m:
Z każdego kbk. i każdej amunicji — 8 seryj po 5 naboi.
b) Rozrzuty na 100 m:
Z każdego kbk. i każdej amunicji — 3 serje po 10 naboi.
c) Rozrzuty na 150 m:
Z każdego kbk. i każdej amunicji — 3 serje po 10 naboi.
d) Rozrzuty na 200 m:
Z każdego kbk. i każdej amunicji — 3 serje po 10 naboi.

2) Wstrzelanie szybkości początkowej (v_{10}).
3) Wstrzelanie czasów przelotu na 100 i 200 m (t_{100} i t_{200}).
4) Zbadanie ciężarów elementów.
5) „ wymiarów łusek i pocisków.
6) „ zacisku.
7) „ czułości i jednostajności zapłonu.
8) „ siły zapłonu.
9) „ zaołowienia lufy.
10) „ związku między stanem łuski przed i po strzale, a celnością strzału.

Badanie przeprowadzono w Centralnej Szkole Strzelniczej w Toruniu.

Próby na celność przeprowadzał kpt. Gościewicz z C. S. S., strzelanie v_{10} i czasów przelotów — por. Rauhut z C. S. S., obliczenia mjr. dr. Felsztyn, por. Rauhut i inż. Ciundziewicki, asystent katedry balistyki Politechniki Warszawskiej; próby laboratoryjne, zestawienia i wnioski do prób laboratoryjnych opracował inż. Smoleński z C. S. S. Całokształtem prób kierował mjr. dr. Felsztyn, podówczas z C. S. S.

I. Wyniki prób.

1. Celność.

Strzelanie na celność przeprowadzono w strzelnicy krytej, ażeby wykluczyć wszelki wpływ wiatru. Karabinki umocowywano w maszynie, utwierdzając w jej widełkach lufę mocno pasem, ażeby tą drogą zapobiec konieczności celowania po każdym strzale, a tem samem dodawania do rozrzutów amunicji rozrzutu pochodzącego z oka strzelca. Karabin i tarcza były podczas strzelania w cieniu; jedynie w razie wątpliwości badano, czy karabin się przypadkiem nie poruszył. Wtedy serję anulowano.

Każdy strzał oznaczano na tarczy osobno, każdą łuskę numero-

Zesta

Wynik strzela

Rodzaj kbk.	R O		
	Winchester pr. 200	Pocisk II	Niemiecka R
			Odle
Winchester	2,37 × 1,5 1,66	2,1 × 1,65 1,61	2,2 × 1,65 1,62
Widmer	2,85 × 1,47 1,81	2,7 × 2,4 2,24	2,15 × 2,0 1,82
Vickers	2,6 × 1,7 1,85	2,1 × 2,16 1,87	1,8 × 1,4 1,40
Rozrzuty średnie 3 kb. dla amunicji	2,61 × 1,56 1,77	2,3 × 2,07 1,91	2,05 × 1,65 1,61
			Odle
Winchester	9,9 × 6,0 6,78	7,5 × 4,2 4,99	7,7 × 5,1 5,51
Widmer	10,8 × 4,4 6,06	15,3 × 11,7 11,77	8,0 × 3,9 4,91
Vickers	10,2 × 2,2 4,16	12,8 × 8,5 9,18	14,4 × 3,4 6,16
Rozrzuty średnie 3 kb. dla amunicji	10,3 × 4,2 5,67	11,9 × 8,1 8,65	10,0 × 4,1 5,53
			Odle
Winchester	20,4 × 8,3 11,42	20,5 × 6,8 10,4	18,6 × 8,9 11,33
Widmer	23,3 × 8,0 12,01	16,8 × 10,6 11,74	19,8 × 6,8 10,21
Vickers	27,8 × 8,3 13,36	16,3 × 7,4 9,66	20,9 × 5,8 9,69
Rozrzuty średnie 3 kb. dla amunicji	23,8 × 8,2 12,26	17,9 × 8,3 10,60	19,8 × 7,2 10,41
			Odle
Winchester	37,2 × 10,0 16,97	25,8 × 11,1 14,9	29,5 × 19,5 21,1
Widmer	34,7 × 8,8 15,92	33,0 × 10,9 16,69	18,3 × 15,1 17,07
Vickers	45,6 × 9,6 18,41	29,5 × 9,9 15,21	27,7 × 6,4 11,72
Rozrzuty średnie 3 kb. dla amunicji	39,2 × 9,47 17,1	29,4 × 10,6 15,6	25,2 × 13,7 16,63

Uwaga: a) Wymiary rozrzutów są wymiarami rozrzutów średnich *z 8 seryj po*
b) Wymiar rozrzutu średniego dla kb. jest wymiarem średnim z każdej
c) Wymiar rozrzutu średniego dla danego rodzaju amunicji jest średnim
d) Rozrzutów amunicji Kleanbore i Staynless na 200 m nie podano; łów, skutkiem czego niema należytego porównania.

wienie 2.

nia na celność.

D Z A J A M U N I C J I					
Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless	Rozrzuty średnie dla kb.
głość 50 m					
5,3 × 3,0	3,06 × 1,57	2,16 × 1,37	1,47 × 1,42	3,37 × 2,47	2,75 × 1,82
3,51	1,89	1,75	1,27	2,54	1,98
5,94 × 3,12	2,57 × 1,41	1,42 × 1,52	2,5 × 2,4	2,4 × 2,12	2,82 × 2,05
-3,79	1,67	1,29	2,15	1,98	2,09
4,0 × 2,7	3,27 × 2,35	2,05 × 1,75	2,85 × 1,85	4,0 × 3,75	2,83 × 2,21
2,89	2,44	1,67	2,05	3,41	2,19
5,08 × 2,94	2,97 × 1,78	1,88 × 1,55	2,27 × 1,89	3,26 × 2,75	—
3,39	2,00	1,57	1,81	2,64	—
głość 100 m					
21,3 × 10,0	13,9 × 3,6	5,4 × 5,9	5,5 × 3,7	15,5 × 8,9	10,8 × 5,9
12,84	6,22	4,97	3,96	10,34	6,95
12,4 × 9,9	8,0 × 3,0	5,1 × 5,4	12,3 × 6,0	9,1 × 5,2	10,1 × 6,2
9,75	4,31	4,61	7,56	6,05	6,88
13,9 × 5,7	11,6 × 4,4	5,1 × 4,3	9,1 × 3,7	14,1 × 4,2	11,4 × 4,5
7,83	6,28	4,12	5,11	6,77	6,20
15,9 × 8,5	11,2 × 3,7	5.2 × 5,2	9,0 × 4,5	12,9 × 6,1	—
10,14	5,6	4.57	4,54	7,72	—
głość 150 m					
31,0 × 15,4	32,3 × 7,4	12,2 × 6,7	15,3 × 4,6	31,0 × 17,3	22,7 × 9,4
19,23	13,64	7,93	7,36	20,4	12,71
23,1 × 14,0	18,4 × 7,6	12,2 × 7,7	19,4 × 6,1	35,9 × 10,2	21,1 × 8,9
15,82	10,14	8,50	9,75	16,84	11,85
30,4 × 14,0	19,1 × 7,4	16,9 × 7,4	19,2 × 9,0	28,0 × 16,1	23,3 × 9,4
18,15	10,45	9,84	11,57	18,68	12,66
28,2 × 14,5	23,3 × 7,5	13,8 × 7,3	18,0 × 6,6	31,6 × 14,5	—
17,7	11,4	8,76	9,5	18,64	—
głość 200 m					
—	44,8 × 8,8	19,7 × 10,7	31,9 × 12,6	—	31,2 × 12,2
—	17,47	12,78	17,64	—	16,83
—	29,7 × 9,8	12,9 × 12,6	34,6 × 10,0	—	26,5 × 12,2
—	15,01	11,09	16,37	—	15,80
—	29.6 × 14,2	15,7 × 8,7	24,7 × 9,9	—	39,9 × 12,4
—	18,04	10,16	13,76	—	17,88
—	34,7 × 10,9	16,1 × 10,7	30,4 × 10,8	—	—
—	16,84	11,34	15,92	—	—

5 strzałów (wzgl. 3 seryj dla odległości ponad 50 m).
amun. odstrzelanym po 8 seryj po 5 strzałów (wzgl. 3 seryj).
wymiarem rozrzutów, wystrzelonych daną amun. z 3-ch kb.
ażeby bowiem mieć 10 strzałów w tarczy trzeba było oddać co najmniej 25 strza-

wano, aby dla opisanych w punkcie 10 badań znać dokładnie zależność między łuską, a wynikiem strzału.

Wszystkie strzelania na celność przeprowadzono ściśle według programu, za wyjątkiem strzelania na odległość 200 m z kbk. Winchester amunicją Winchester-Staynless. Amunicja ta daje na odległość 200 m tak duży rozrzut, że jedynie co czwarty lub piąty strzał przeciętnie trafia w tarczę. Wobec tego strzelanie amunicją Winchester-Staynless z kbk. Winchestera na odległość 200 m przerwano. Strzelanie rozrzutów przeprowadzał plut. Kisielewicz pod nadzorem kapitana Gościewicza.

Wyniki tych strzelań podane są w zestawieniu 2-giem (p. str. 1204 i 1205).

W zestawieniach tych podane są wymiary 100% rozrzutów i średnic kół zamykających całkowite rozrzuty (100%) w cm.

Średnicę kół zamykających rozrzut całkowity obliczono ze wzoru: średnica $= 0{,}88 . \sqrt{W . S.}$ (W=wysokość, S=szerokość rozrzutu 100%).

W zestawieniach w górnej części rubryk podane są wymiary rozrzutu 100%, a w dolnych częściach rubryk wymiary średnic kół zamykających rozrzut całkowity.

Kolejność celności poszczególnych amunicyj z danego kbk. na poszczególnych odległościach, podaje zestawienie 3 (p. str. 1207).

Jak z tego zestawienia widać, przy strzelaniu rozrzutów z kbk. Winchester najcelniejszą amunicją okazała się amunicja niemiecka „R. Galvano", zajmując 1-sze miejsce, 2-gie Palma, 3-cie Pocisk II partja, 4-te Winchester pr. 200, 5-te niemiecka R., 6-te Pocisk III partja, 7-me Kleanbore, 8-me Winchester-Staynless.

Przy strzelaniu rozrzutów z kbk. Widmera najcelniejszą amunicją okazała się amunicja „Palma", zajmując 1-sze miejsce, 2-gie Pocisk III partja, 3-cie Winchester pr. 200, 4-te niemiecka R., 5-te niemiecka „R. Galvano", 6-te Pocisk II partja, 7-me Winchester-Staynless, 8-me Kleanbore.

Przy strzelaniu rozrzutów z kbk. Vickersa najcelniejszą amunicją okazała się amunicja „Palma", zajmując 1-sze miejsce, 2-gie niemiecka R., 3-cie niemiecka „R. Galvano", 4-te Pocisk II partja, 5-te Winchester pr. 200, 6-te Pocisk III partja, 7-me Kleanbore, 8-me Winchester-Staynless.

Zestawienia 2 i 3 dają bardzo pouczający materjał porównawczy. Przedewszystkiem potwierdzają one często przez sportowców poczynione doświadczenia, że niema uniwersalnie „najlepszej" amunicji,

Zestawienie 3.

Kolejność celności poszczególnych amunicyj.

Rodzaj kbk.	Odległość	RODZAJ AMUNICJI							
		Winchester pr. 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
Winchester	50 m	IV	II	III	VIII	VI	V	I	VII
	100 m	VI	III	IV	VIII	V	II	I	VII
	150 m	V	III	IV	VII	VI	II	I	VIII
	200 m	III	II	VII	IV	V	I	VI	VIII
Widmer	50 m	III	VII	IV	VIII	II	I	VI	V
	100 m	V	VIII	III	VII	I	II	VI	IV
	150 m	VI	V	IV	VII	III	I	II	VIII
	200 m	IV	VI	VII	VIII	III	I	V	II
Vickers	50 m	III	IV	I	VII	VI	II	V	VIII
	100 m	II	VIII	IV	VII	V	I	III	VI
	150 m	VI	I	II	VII	IV	III	V	VIII
	200 m	VI	IV	II	VII	V	I	III	VIII

Zestawienie 4.

Szybkości początkowe (V_{10}).

	Winchester pr. 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
Winchester	302,6 m/sek.	295,9 m/sek.	305,0 m/sek.	293,2 m/sek.	288,0 m/sek.	312,6 m/sek.	327,1 m/sek.	267,4 m/sek.
Widmer	292,7 „	314,7 „	321,2 „	307,4 „	309,0 „	315,8 „	328,1 „	269,7 „
Vickers	288,0 „	302,5 „	305,1 „	292,2 „	299,5 „	306,4 „	320,1 „	269,2 „

Zestawienie 5.

Czasy przelotu z karabinka Winchester (w sekundach).

Odległość:	RODZAJ AMUNICJI							
	Winchester pr. 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
100 m	0,364 sek.	0,347 sek.	0,357 sek.	0,364 sek.	0,366 sek.	0,345 sek.	0,352 sek.	0,426 sek.
200 m	0,797 „	0,768 „	0,775 „	0,774 „	0,776 „	0,743 „	0,757 „	0,890 „

ale *że amunicję należy indywidualnie dobrać tak do broni, jak nawet do odległości, na którą się strzela.*

Zwłaszcza bowiem w amunicji małokalibrowej zespół — broń amunicja — tak jest czuły na poszczególne czynniki, że to, co przy jednych wymiarach lufy sprzyja celności, przy drugich celność tę obniża.

Indywidualny dobór amunicji do broni nie jest więc kaprysem strzelającego, jakby to mniemać nieraz można, ale znajduje swe uzasadnienie i w objektywnych faktach.

Wybrane 3 typy karabinków mają zupełnie różne cechy, tak co do ukształtowania przewodu lufy, jak i komory nabojowej. Obejmują więc dość wszechstronnie wszystkie typy produkcyjne karabinków małokalibrowych. Z tego też względu średnie liczby, uzyskane w zestawieniu 2, mają pewną wartość porównawczą.

Jak z nich widać, średnio biorąc, na odległości 50 m wybija się swą celnością na czoło Remington-Palma; na drugiem miejscu niemiecka „R". Dalej już, ale zawsze w granicach wyśmienitych rozrzutów, nie przekraczających 2 cm średnicy, idą obie partje Pocisku. Zupełnie ujemnie przedstawiają się mocno reklamowane amerykańskie Staynless i Kleanbore.

Na odległości 100 m narówni (jeżeli nie brać pod uwagę różnic w ułamkach setnych centymetra) stoją niemiecka R. Galvano i amerykańska Palma. Niemiecka R. wykazuje dane gorsze od R. Galvano. Pocisk, partja III, choć dalej w tyle, zalicza się jeszcze do zupełnie dobrych. Dziwnym wydaje się zły rezultat partji II „Pocisku", zwłaszcza w porównaniu do zupełnie dobrych wyników na 150 m. Najprawdopodobniej należy to przypisać dość dużej niejednolitości tej partji, świadczącej, że w owym czasie produkcja jeszcze niezupełnie „osiadła". Do kwestji tej powrócimy jeszcze na końcu niniejszego sprawozdania. Staynless i Kleanbore wypadają zupełnie źle.

Na 150 m i 200 m stosunki przedstawiają się zupełnie podobnie, z tą tylko różnicą, że wyższość amunicji Palma nad R. Galvano potęguje się w miarę wzrostu odległości; wyższość R. Galvano nad R., choć nieznacznie, utrzymuje się jednak wciąż. Obydwie partje Pocisku utrzymują się na równi z niemiecką R. i amerykańską Precision 200.

Wnioski co do wartości poszczególnych amunicyj pozostawiamy na koniec, przy omawianiu łącznem wyników wszystkich prób.

2. *Szybkość początkowa.*

Szybkość (V_{10}) mierzono aparatem Boulengé na odległości 10 m przed wylotem lufy. Wyniki tych strzelań podaje zestawienie 4 (p. str. 1207). Umieszczone tam szybkości są średnie z 10-ciu strzałów dla danego karabinka i amunicji.

Tabela ta wykazuje, że szybkości początkowe amunicji małokalibrowej różnią się znacznie między sobą i przy użyciu różnych karabinków. Z trzech wziętych do prób karabinków największe szybkości wykazał kbk. Widmer, najmniejsze Winchester, za wyjątkiem amunicji Winchester Precision 200. Ten ostatni pomiar wydaje się więc wątpliwym, i rzeczywiście ponowna próba, o której będzie mowa niżej, wykazała, że pomiar ten był zbyt duży (pomiar ponowny 292 m/sek.).

Należy stwierdzić dość dużą zgodność między tu wykazanemi wielkościami szybkości początkowej, a wielkościami podanemi przez niemiecką „Versuchsanstalt für Handfeuerwaffen" w Kugel und Schrot Nr. 13 z 1929 r., gdzie szybkości poszczególnych amunicyj podane są następująco:

Winchester Precision 200—287 m/sek.
Niemiecka R — 320 m/sek.
Kleanbore — 288 m/sek.
Palma — 310 m/sek.

W granicach więc wahań pomiarowych, wynikłych z wpływu broni użytej do prób i warunków chwili (około ± 12 m/sek), tak wynik, jak i wzajemny stosunek liczbowy jest dość zgodny, zwłaszcza, jeżeli uwzględnimy tendencję cytowanego artykułu, mającego wykazać wyższość amunicji niemieckiej nad wszystkiemi innemi, a więc podającego z obfitego materjału liczb najprawdopodobniej tylko te, w których dane niemieckiej amunicji są najlepsze.

Z liczb tabeli 4 wynika również potwierdzenie często przypuszczanego faktu, że z dwu amunicyj małokalibrowych jedna może dawać w jednej broni szybkość większą, a w drugiej — szybkość mniejszą od drugiej amunicji. Wpływa na to niewątpliwie szereg czynników, jak kaliber przewodu, średnica pocisku, wymiary komory nabojowej i t. p., które razem dać mogą w sumie bardzo różne wyniki.

Z drugiej jednak strony należy uwzględnić, że pomiar szybkości początkowej w amunicji małokalibrowej jest niezmiernie trudny. Bezwładność tarczy kontaktowej, opór przy lufie, które przy amunicji karabinowej normalnej mały tylko wywierają wpływ, tu mogą mieć zna-

czenie bardzo duże. Ponadto stan lufy, a zwłaszcza stopień jej zaołowienia, również niewątpliwie znacznie wpływają na mierzenie szybkości.

Z tego też względu liczby zestawienia 4 mają charakter jedynie porównawczy. Dokładne porównanie szybkości początkowej amunicji małokalibrowej wymagałoby aparatury znacznie czulszej, niż obecnie stosowana.

3. *Czasy przelotu i tory pocisków.*

Czas przelotu dla każdej amunicji mierzono czasomierzem Hippa, oznaczając moment wylotu przez przerwanie drucika przed lufą, punkt końcowy przez uderzenie pocisku w tarczę drewnianą. Do strzelania użyto tylko karabinka Winchester, ponieważ chodzi tu raczej o dane porównawcze i o przybliżone określenie torów, których znajomość jest konieczna przy budowie strzelnic małokalibrowych.

Wyniki strzelań podaje zestawienie 5 (p. str. 1207).

Na podstawie wstrzelanych czasów przystąpiono do obliczenia tabel strzelniczych poszczególnych amunicyj.

Ponieważ jednak szybkości początkowe wstrzelano o wiele wcześniej, niż czasy przelotu i w innych warunkach atmosferycznych, a ponadto strzelanie ich przeprowadzono do tarczy stalowej, podczas gdy czasy przelotu wstrzelano do tarczy drewnianej, przeto, ażeby uzyskać wyniki jednorodne, przeprowadzono strzelanie porównawcze do tarczy stalowej i drewnianej. Strzelanie to, przeprowadzone 5 rodzajami amunicji, wykazało, że tarcza drewniana jest czulsza na uderzenie i daje V_{10} większe, czyli zbliżone bardziej do rzeczywistego.

Wobec powyższego do obliczeń tabel strzelniczych posługiwano się szybkością V_{10} wstrzelaną z kbk. Winchester do tarczy drewnianej, przyczem, ażeby uniknąć odchyleń przypadkowych, liczby tak uzyskane zaokrąglono do pełnych 5 m/sek.

Tą drogą uzyskano następujące szybkości na odległości 10 m, które wzięto razem z liczbami zestawienia 5) jako podstawę rachunku.

Amunicja	V_{10}
Winchester pr. 200.	290
Pocisk II	310
Niemiecka „R“	305
Kleanbore	300
Pocisk III	290
Palma	310
„R“ Galvano	310
Winchester Staynless	250

Wobec małych szybkości początkowych, a bardzo płaskiego toru posługiwano się, jako metodą balistyczną, bardzo szybką w rachunku metodą *Gazot*.

Polega ona na tem, że:

1) tor identyfikuje z jego rzutem (wobec bardzo płaskiego toru, błąd nie przekracza tu 0,1%).

2) we wzorze

$$\frac{dv}{dt} = -c\,F(v) - g \sin \vartheta$$

przyjmuje $\vartheta = 0$, co wobec bardzo płaskiego toru, stosunkowo dużego $F(v)$ (mały kaliber) daje błędy nie większe, niż 1%.

Dla ułożenia więc tabel strzelniczych dla amunicji małokalibrowej, metoda ta jest zupełnie dostateczną.

Wobec tego, że v_0 jest dość bliskie szybkości głosu, można przyjąć sześcienne prawo oporu powietrza, dość dobrze przybliżające funkcję oporu powietrza w granicach od 100 do 340 m/sek. Wtedy

$$c\,F(v) = k\,v^3,$$

$$\frac{dv}{dt} = -kv^3 = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot v$$

więc

$$\frac{dv}{dx} = -k\,v^2$$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v_0} = k\,x.$$

Kładąc

$$\frac{1}{v_0} = \beta,$$

mamy

$$v = \frac{1}{\beta + k\,x} = \frac{dx}{dt}$$

stąd

$$t = \beta x + \frac{k}{2} x^2 = \beta x + \gamma x^2,$$

gdzie

$$\gamma = \frac{k}{2}.$$

Ażeby nie mieć zbyt wielkiej ilości zer, mierzymy v w hektometrach na sekundę, a x w hektometrach.

Znając

$$\beta_{10} = \frac{1}{v_{10}},\ t_{100} \text{ i } t_{200}$$

mamy

$$\beta_{10} = \frac{1}{v_{10}} = \frac{t_{20}}{0,2}$$

więc

$$0,2\,\beta_{10} = 0,2\,\beta + 0,04\,\gamma$$

a równocześnie

$$t_{100} = \beta + \gamma$$

stąd

$$\gamma_{100} = \frac{t_{100} - \beta_{10}}{0,8}$$

i analogicznie

$$\gamma_{200} = \frac{t_{200} - 2\,\beta_{10}}{3,6}$$

co daje nam

$$\gamma_{100} \text{ i } \gamma_{200}\,.$$

Obliczone tą drogą dane γ_{100} i γ_{200}, oraz ich wielkości średnie podaje zestawienie 6.

Zestawienie 6.

Obliczone spółczynniki balistyczne.

Rodzaj amunicji	Win-chester Precision 200	Pocisk II.	Niemiecka R	Klean-bore	Pocisk III.	Palma	Niemiecka R Galvano	Win-chester Staynless
γ 100	0,02375	0,0300	0,0363	0.0388	0,0263	0,0275	0,0363	0,0325
γ 200	0,0297	0,0339	0,0331	0,0297	0,0239	0,0269	0,0308	0,0250
γ średnie	0,0267	0,0320	0,0347	0.0342	0.0251	0,0272	0,0335	0,0288

Równanie na β_{10} daje nam odrazu

$$\beta_0 = \beta_{10} - 0,2\,\gamma\,.$$

Obliczone tą drogą wartości β_0 i v_0 podaje zestawienie 7.

Zestawienie 7.

Szybkości początkowe obliczone.

Rodzaj amunicji	Win-chester Precision 200	Pocisk II	Niemiecka R	Klean-bore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Win-chester Staynless
β_0	0,340	0,317	0,321	0,326	0,340	0,318	0,316	0,394
V_0 (w m/sek.)	294	315	311	307	294	314	316	254

Mając β i γ można obliczyć czas przelotu na poszczególne o dległości (zestawienie 8).

Zestawienie 8.
Czasy przelotu obliczone.

Rodzaj amunicji	Winchester Precision 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
t_{25} sek	0,0867	0,0812	0,0832	0,0845	0,0874	0,0821	0,0819	0,1013
t_{50} „	0,177	0,167	0;170	0,172	0,176	0,166	0,166	0,204
t_{100} „	0,367	0,349	0,356	0,360	0,365	0,345	0,350	0,423
t_{150} „	0,570	0,548	0,560	0,565	0,567	0,538	0,549	0,657
t_{200} „	0.787	0,762	0,781	0,789	0,781	0,745	0,766	0,203
t_{300} „	1,260	1,239	1,275	1,286	1,246	1,199	1,250	1,441
t_{400} „	1,787	1,780	1,839	1,851	1,762	1,832	1,800	2,037

Jak widać, zgodność między czasami obliczonemi, a wstrzelanemi jest dość znaczna, a różnice leżą w granicach błędów pomiarowych, co wskazuje na prawidłowość stosowania metody Gazot do rachunku tabeli strzelniczej amunicji małokalibrowej.

Z czasów przelotu otrzymujemy wysokości wierzchołkowe toru przy pomocy wzoru przybliżonego

$$y_w = \frac{g}{8} t^2 \sim \frac{10}{8} t^2.$$

Podaje je zestawienie 9.

Zestawienie 9.
Wysokości wierzchołkowe torów w metrach.

Rodzaj amunicji	Winchester Precision 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
y_{25} m	0,0094	0,0082	0,0087	0;0089	0,0096	0,0085	0,0084	0,0128
y_{50} „	0,039	0,035	0,036	0,037	0.039	0,034	0.034	0,052
y_{100} „	0,168	0,152	0,159	0.161	0,167	0,149	0,153	0,224
y_{150} „	0,406	0,376	0,392	0,399	0,402	0,361	0,377	0,542
y_{200} „	0,774	0,725	0,765	0,778	0,765	0,694	0,732	1,019
y_{300} „	1,985	1.920	2,035	2,065	1,960	1,798	1,950	2,594
y_{400} „	3,990	3,964	4,225	4,325	3,880	4,196	4,050	5,188

Przyjmując założenie sztywności toru (co wobec jego dużej płaskości jest zupełnie uzasadnione) i mierząc kąty w tysięcznych, znamy rzędne toru celownika X na odległości x:

$$y_X^x = x(\varphi_X - \varphi_x)$$

gdzie φ_x oznacza kąt rzutu na odległości x.

Przyjmując dalej z dużem przybliżeniem, że wysokość wierzchołkowa $y_w = y_X^{\frac{X}{2}}$ (tory są tak płaskie, że błąd popełniony jest tu minimalny), więc

$$y_X^{\frac{X}{2}} = \frac{10}{8} t_X^2 = \frac{X}{2} (\varphi_X - \varphi_{\frac{X}{2}})$$

skąd

$$\varphi_X = \varphi_{\frac{X}{2}} + \frac{10}{4} \cdot \frac{t^2_X}{X},$$

co daje wzór na obliczenie kątów rzutu.

Ażeby obliczyć pierwsze, najmniejsze φ_X zakładamy, że dla $X = 12{,}5$ m, opór powietrza zupełnie nie działa. Wtedy

$$\varphi_{12,5} = \frac{\frac{g}{2} t^2_{12,5}}{12,5} = 0{,}4\, t^2_{12,5}$$

Mając $\varphi_{12,5}$ znamy kolejno φ_{25}, φ_{50}, φ_{100}, φ_{200}, φ_{400}.

Interpolując między φ_{25} i φ_{50} otrzymuje się $\varphi_{37,5}$ a stąd φ_{75}, φ_{150} i φ_{300}.

Tabele tak obliczonych kątów rzutu podaje zestawienie 10.

Zestawienie 10.
Kąty rzutu w tysięcznych.

Rodzaj amunicji	Winchester Precision 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
φ_{25}	1,49	1,30	1,35	1,40	1,50	1,32	1,31	2,01
φ_{50}	3,05	2,69	2,80	2,88	3,00	2,70	2,70	4,09
φ_{75}	4,69	4,18	4,35	4,96	4,66	4,15	4,19	6,28
φ_{100}	6,41	5,74	5,98	6,10	6,33	5,67	5,76	8,56
φ_{150}	10,12	9,18	9,58	10,26	9,99	8,98	9,22	13,48
φ_{200}	14,16	13,00	13,62	13,85	13,97	12,61	13,12	18,79
φ_{300}	23,32	21,90	23,10	24,01	22,89	20,88	22,22	30,80
φ_{400}	34,04	32,72	34,62	35,43	33,37	32,51	33,40	44,74

Z nich, interpolując graficznie brakujące jeszcze kąty rzutu, otrzymujemy, na zasadzie założenia sztywności toru, tabelę torów (zestawienie 11).

Przy ocenie zestawień 6 do 11 należy zwrócić uwagę na dwa fakty, wynikające bezpośrednio z aparatury pomiarowej użytej do prób.

Pierwszy, to dość duża niepewność, panująca przy pomiarze szybkości pocisku, powodująca, że różnice 5 m/sek., nawet i większe są przy pomiarze tym zupełnie możliwe. Skutkiem tego V_{10}, wprowadzone do rachunku, są obarczone pewnym błędem, co niewątpliwie musi się odbić i na wyniku rachunku spółczynnika balistycznego.

Drugim faktem jest opóźnienie, zachodzące niewątpliwie w tarczy, mierzącej czas lotu pocisku na 100 m i 200 m. Dalej, wobec dużego spadku szybkości, opóźnienie to jest o wiele większe na 200 m niż na 100 m i może być nawet rzędu 0,01 sek., przyczem odchylenia pomiędzy amunicjami są nieuniknione.

Do tego dochodzą też nieuniknione błędy pomiarowe. Możemy więc na podstawie powyższych przesłanek przyjąć czasy przelotu, które na 100 m są równe czasom mierzonym z błędem $\pm$ 0,003 sek. za wypośrodkowane dobrze. Tak samo czasy przelotu na 200 m, przeliczone, które są krótsze od czasów mierzonych o około 0,1 sek. są czasami uzyskanemi dobremi. Czasy natomiast, które wypadają dłuższe, niż mierzone — o więcej, niż błąd doświadczalny (około 0,003 sek.), są czasami niewątpliwie wadliwemi.

Oceniając na tej zasadzie otrzymane liczby, można wnosić, że prawdopodobnie w amunicji „R" szybkość została zaokrąglona nieco za nisko (może o jakieś 1 m/sek.), a spółczynnik balistyczny nieco za wysoko. W amunicji Kleanbore szybkość należało przyjąć mniejszą i spółczynnik balistyczny również nieco mniejszy (około 0,033). Amunicja Pocisk III ma spółczynnik balistyczny nieco za dobry, a szybkość nieco za małą. Amunicja Palma, Winchester i Pocisk II ma swe dane dobrze wypośrodkowane. R. Galvano powinna mieć szybkość nieco większą, a spółczynnik balistyczny bez zmiany. Również w amunicji Staynless szybkość wypadła nieco za wysoko, a spółczynnik balistyczny nieco również za wysoki.

Mimo jednak tych różnic ponowne przeliczenie, a raczej co w tym wypadku byłoby jedynie prawidłowem, ponowne wstrzelanie danych nie jest konieczne, bo z jednej strony różnice są stosunkowo drobne i bez znaczenia praktycznego, z drugiej zaś, — przed udoskonaleniem i to udoskonaleniem zasadniczem aparatury pomiarowej, niema żadnej szansy, że nowy pomiar da dane bliższe rzeczywistości, niż pomiary

Zestawienie 11.

Rzędne toru na poszczególnych odległościach w metrach.

Rodzaj amunicji	Winchester Precision 200	Pocisk II	Niemiecka R	Kleanbore	Pocisk III	Palma	Niemiecka R Galvano	Winchester Staynless
y^{25}_{50}	0,0392	0,0348	0,0360	0,0368	0,0400	0,0345	0,0345	0,0515
y^{25}_{75}	0,080	0,072	0,075	0,051	0,080	0,071	0,072	0,107
y^{50}_{75}	0,082	0,074	0,077	0,080	0,081	0,072	0,075	0,109
y^{25}_{100}	0,123	0,111	0,115	0,117	0,123	0,106	0,111	0,164
y^{50}_{100}	0,169	0,153	0,158	0,162	0,167	0,148	0,153	0,224
y^{75}_{100}	0,129	0,116	0,121	0,123	0,129	0,105	0,117	0,172
y^{25}_{150}	0,216	0,197	0,205	0,202	0,214	0,191	0,197	0,289
y^{50}_{150}	0,354	0,325	0,338	0,341	0,348	0,214	0,326	0,469
y^{75}_{150}	0,406	0,375	0,391	0,398	0,401	0,362	0,377	0,540
y^{100}_{150}	0,370	0,344	0,360	0,358	0,363	0,342	0,346	0,491
y^{25}_{200}	0,317	0,295	0,305	0,311	0,289	0,279	0,294	0,419
y^{50}_{200}	0,556	0,521	0,549	0,550	0,497	0,494	0,520	0,734
y^{75}_{200}	0,712	0,670	0,692	0,706	0,625	0,625	0,667	0,937
y^{100}_{200}	0,775	0,726	0,764	0,777	0,665	0,694	0,733	1,020
y^{150}_{200}	0,607	0,520	0,603	0,629	0,448	0,538	0,582	0,794
y^{25}_{300}	0,546	0,517	0,546	0,551	0,537	0,490	0,523	0,737
y^{50}_{300}	1,02	0,96	1,021	1,031	1,00	0,91	0,98	1,37
y^{75}_{300}	1,40	1,34	1,41	1,43	1,37	1,26	1,35	1,89
y^{100}_{300}	1,69	1,62	1,72	1,74	1,66	1,54	1,65	2,29
y^{150}_{300}	1,905	1,918	2,036	2,068	1,965	1,795	1,952	2,598
y^{200}_{300}	1,836	1,771	1,92	1,918	1,988	1,69	1,828	2,54
y^{25}_{400}	0,816	0,790	0,847	0,847	0,774	0,803	0,801	1,068
y^{50}_{400}	1,553	1,511	1,623	1,622	1,468	1,538	1,533	2,031
y^{75}_{400}	2,206	2,155	2,318	2,314	2,148	2,197	2,186	2,882
y^{100}_{400}	2,769	2,717	2,930	2,921	2,602	2,790	2,759	4,614
y^{150}_{400}	3,595	3,56	3,852	3,84	3,355	3,670	3,62	4,68
y^{200}_{400}	3,98	3,96	4,23	4,31	3,86	4.19	4,05	5,19
y^{300}_{400}	3,23	3,46	3,62	3,36	2,84	3,75	3,33	3,97

dawne, zwłaszcza, że gra tu dużą rolę i partja danej amunicji, a posiadane przez nas do prób partje zostały już wyczerpane.

Z tego też względu zaniechano ponownego strzelania tych danych i przeprowadzono obliczenie tabeli strzelniczej przy pomocy danych zestawień 6 i 7; różnice między tak otrzymanemi danemi, a ewentualnie poprawionemi, są zresztą, jak to wyżej wspomnieliśmy, nieduże i bez jakiegokolwiek znaczenia praktycznego.

Pod względem własności balistycznych można podzielić amunicję na dwie grupy: Precision 200, Palma, Pocisk III i Staynless o $\gamma \sim 0{,}027$ i Niemiecka R i *R* Galvano o $\gamma \sim 0{,}034$. Jak więc widać, w przeciwieństwie do amunicji amerykańskiej, amunicja niemiecka mniejszy kładzie nacisk na balistyczny *kształt* pocisku, główną uwagę zwracając na jego dokładną *elaborację* i tem samem przyjmując kształty łatwiejsze do utrzymania w jednolitych granicach. Duża celność tej amunicji świadczy o tem, że zasada ta wybrana została słusznie.

Na uboczu stoją dwie amunicje. Przedewszystkiem Kleanbore z $\gamma \sim 0{,}033$. Uwzględniając jednak (p. dalej zestawienie 12), że pocisk tej amunicji waży około 25% mniej od reszty naboi amerykańskich, trzeba stwierdzić, że swym kształtem balistycznym przewyższa on nawet resztę naboi amerykańskich (w proporcji ciężarów powinienby on mieć $\gamma \sim 0{,}037$).

Druga, to Pocisk II z $\gamma \sim 0{,}032$. Nie można tego wytłumaczyć jego kształtem, skoro ten równy jest kształtem Pociskowi III. Przyczyna leży prawdopodobnie raczej w sposobie zacisku, który zniekształcając nieco tył pocisku, tem samem ujemnie wpływa na jego kształt balistyczny. Zjawisko to obserwowano niejednokrotnie i w innych partjach amunicji „Pocisk".

4. *Ciężar elementów.*

Naboje czyszczono benzyną dla usunięcia powlekającego je smaru i po obtarciu suchym gałgankiem pozostawiono na otwartem powietrzu w miejscu przewiewnem dla usunięcia resztek benzyny, poczem ważono na wadze analitycznej.

Po zważeniu całych nabojów rozładowywano je na dynamometrze zwykłym, przystosowanym do amunicji małokalibrowej i następnie ważono na wadze analitycznej oddzielnie proch, pocisk i łuskę każdego naboju. Zestawienie 12-te podaje otrzymane wyniki.

Zestawienie to wykorzystano dla ustalenia kolejnej dobroci amunicji, przyczem za najlepszą uznano oczywiście tą, która wykazuje

Zestawienie 12.

Ciężary elementów.

Ciężar	Amunicja							
	Pocisk II	Pocisk III	Winchester Staynless	Winchester Precision 200	R Galvano Niemiecka	Palma Remington	Kleanbore Remington	Niemiecka R
Ciężar naboju.								
Średn.	3,4833	3,4921	3,3120	3,3600	3,4824	3,4777	2,6432	3,4598
Max.	3,5180	3,5298	3,3500	3,3864	3,4946	3,5308	2,6692	3,4790
Min.	3,4244	3,4654	3,2740	3,3374	3,4722	3,4486	2,6232	3,4364
Δ	0,0936	0,0644	0,0760	0,0490	0,0224	0,0822	0,0460	0,0426
% Δ	2,69	1,84	2,29	1,46	0,64	2,36	1,74	1,23
Ciężar pocisku.								
Średn.	2,5779	2,5594	2,5424	2,5593	2,5512	2,6026	1 8646	2,5412
Max.	2,5892	2,5754	2,5480	2,5660	2,5590	2,6366	1,8820	2,5508
Min.	2,5704	2,5436	2,5328	2,5536	2,5458	2,5804	1,8442	2,5314
Δ	0,0188	0,0318	0,0152	0,0124	0,0132	0,0562	0,0378	0,0194
% Δ	0,73	1,24	0,59	0,48	0,51	2,15	2,02	0.76
Ciężar łuski.								
Średn.	0,8350	0,8496	0,6806	0,6440	0,8481	0,6974	0,6931	0,8386
Max.	0,8580	0,8830	0,7276	0,6578	0,8684	0,7000	0,7046	0,8620
Min.	0,7676	0,8196	0,6592	0,6300	0,8350	0,6822	0,5844	0,8220
Δ	0,0904	0,0634	0,0684	0,0278	0,0334	0,0178	0,0202	0,0400
% Δ	10,82	7,23	10,05	4,33	3,94	2,55	2,91	4,77
Ciężar prochu.								
Średn.	0,0803	0,0830	0,0820	0,1576	0,0811	0,1837	0,0855	0,0797
Max.	0,0818	0,0854	0.0852	0,1772	0,0902	0,2080	0,0934	0,0832
Min.	0 0784	0,0804	0,0800	0,1396	0,0778	0,1758	0,0808	0,0778
Δ	0,0034	0,0050	0,0052	0,0376	0,0124	0,0322	0,0126	0,0054
% Δ	4,23	6,02	6.34	23,99	15,29	17,53	14,75	6,76

najmniejsze wahania w ciężarze. Ocenę dobroci podaje zestawienie 13.

Zestawienie 13.

Ocena dokładności produkcyjnej amunicji.

Gatunek amunicji	Nabój	Pocisk	Łuska	Proch
Niemiecka R	II	V	V	IV
Niemiecka R „Galvano"	I	II	III	VI
Pocisk partja II . . .	VIII	IV	VIII	I
Pocisk partja III . . .	V	VI	VI	II
Remington Kleanbore. .	IV	VII	II	V
„ Palma . . .	VII	VIII	I	VII
Winchester Prec. 200 .	III	I	IV	VIII
„ Staynless .	VI	III	VII	III

O ile różnice w ciężarze całego naboju i łuski są znaczenia podrzędniejszego i charakteryzują tylko tolerancję w wytwórczości, o tyle ciężary pocisku i prochu są niewątpliwie czynnikami balistycznie ważnemi.

Jak wielkim jest wpływ tych czynników, okazaćby się mogło dopiero przy specjalnych badaniach nad niemi, których nie można było przeprowadzić dla braku aparatury do elaboracji własnej amunicji.

W każdym razie porównanie celności z tolerancjami wyrobu wykazuje, że dokładność ciężaru, choć balistycznie niewątpliwie bardzo ważna, nie jest jednak *decydującym* czynnikiem celności. Najlepszy dowód w tem, że najlepsza co do celności amunicja Palma i „R" Galvano, wykazują bardzo duże wahania w wadze prochu, podczas gdy wybitnie niecelna Staynless, okazuje prawie że najmniejsze wahania w wadze.

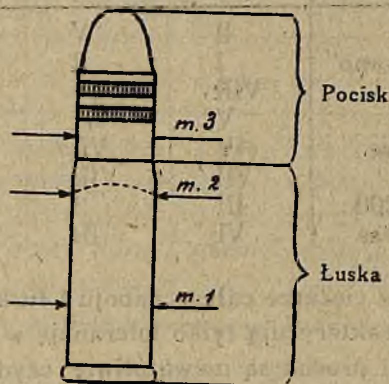
Uderzają bardzo małe różnice w ciężarze elementów amunicji „Pocisk", świadczące o dużej dokładności jej produkcji.

Odnośnie ciężaru pocisku, to za wyjątkiem wybitnie lżejszego Kleanbore (1,86 g) wszystkie inne pociski zawierają się w granicach 2,5 do 2,6 g.

W ciężarze prochu widać wyraźnie dwie grupy. Amunicje o prochu bezdymnym mają w łuskach okrągło 0,08 g, amunicje o prochu półdymnym (Precision 200, Palma) prawie dwukrotną ilość prochu (0,16 — 0,18 g). Jak widać z porównania celności, zarówno proch półdymny, jak i bezdymny sam przez się nie zapewnia celności, stosowanie tak jednego, jak i drugiego jest więc z tego punktu widzenia równouprawnione.

5. *Wymiary łusek i pocisków.*

Pomiarów dokonywano przy pomocy optimetru Zeissa ze ścisłością do 0,001 mm. Przed pomiarami naboje myto benzyną i wycierano suchym gałgankiem płóciennym. Przedewszystkiem mierzono pocisk w 3-ch miejscach na obwodzie największej średnicy (m. 3 na rys. 1)



Rys. 1.

przez obrót o 120° po każdym pomiarze wzdłuż osi pionowej naboju. Następnie obcinano pocisk ostrą piłką przy łusce i mierzono łuskę w 2-ch miejscach obwodu przy zapłonie (m. 1) i poniżej miejsca zacisku (m. 2). Wyniki pomiarów zaokrąglono do 0,01 mm.

Otrzymane tą drogą wyniki pozwalają na określenie następujących charakterystycznych dla dokładności produkcji wielkości:

1) Tolerancja łuski i pocisku, obliczona jako różnica między maksymalną i minimalną wielkością średnicy.

2) Stożkowatość łuski — obliczona jako różnica średnic, mierzonych w miejscu 1 i 2.

3) Owalność łuski i pocisku — jako różnica maksymalnych i minimalnych wymiarów średnic na jednym i tym samym obwodzie koła.

Ażeby niniejszego sprawozdania nie przeciążać materjałem, podajemy tylko wyniki ostateczne (zestawienie 14).

Dane te wykazują, że pod względem kalibru można amunicję podzielić na 3 grupy:

o małym kalibrze (5,67) oba Winchestry i Kleanbore,

o dużym kalibrze (5,71 — 5,72) niemiecka,

i pośrednim (5,68 — 5,69) Pocisk i Palma.

Większy kaliber powoduje niewątpliwie lepsze uszczelnienie,

Zestawienie 14.

Owalność, stożkowatość i tolerancje łuski i prochu.

L. p.	Rodzaj amunicji	Średnica łuski				Średnica największa pocisku		Tolerancja		Owalność łuski		Owalność pocisku		Stożkowatość łuski		Różnica kalibru łuski (u spodu) i poc.
		w miejscu 1		w miejscu 2												
		od — do	średnia	od — do	średnia	od — do	średnia	łuski	pocisku	największa	średnia	największa	średnia	największa	średnia	
1	Pocisk II .	5,69—5,72	5,71	5,69—5,73	5,70	5,70—5,68	5,69	0,04	0,02	0,02	0,010	0,02	0,006	0,02	+ 0,002	0,02
2	Pocisk III .	5,67—5,73	5,70	5,66—5,72	5,69	5,71—5,67	5,68	0,06	0,04	0,06	0,027	0,03	0,016	0,06	+ 0,015	0,02
3	Winchester Staynless .	5,68—5,72	5,71	5,69—5,73	5,71	5,65—5,68	5,67	0,04	0,03	0,04	0,009	0,02	0,013	0,03	— 0,002	0,04
4	Winchester Precision 200 . . .	5,66—5,70	5,68	5,66—5,69	5,68	5,66—5,69	5,67	0,03	0,03	0,03	0,011	0,02	0,009	0,02	0	0,01
5	R Galvano	5,71—5,73	5,73	5,72—5,75	5,73	5,71—5,73	5,72	0,04	0,02	0,03	0,010	0,01	0,005	0,02	— 0,006	0,01
6	Palma . .	5,68—5,72	5,70	5,70—5,73	5,71	5,67—5,71	5,69	0,04	0,04	0,02	0,011	0,02	0,012	0,03	— 0,007	0,01
7	Kleanbore	5,69—5,72	5,70	5,69—5,72	5,71	5,64—5,69	5,67	0,03	0,05	0,02	0,012	0,03	0,011	0,02	— 0,006	0,03
8	Niemiecka R	5,70—5,73	5,72	5,69—5,74	5,72	5,70—5,73	5,71	0,05	0,03	0,02	0,006	0,01	0,006	0,02	+ 0,005	0,01

ale i większe ścieranie pocisku. Mniejszy kaliber ściera pocisk mało, rozszerza go jednak przez nacisk gazów i bezwładność pocisku. Jakby z celności wnosić można, to jednak kaliber większy wpływa na celność dodatnio.

Tolerancje kalibru pocisku są stosunkowo nie duże; 0,02 do 0,03 mm. Jedynie niektóre amunicje (w tem i najcelniejsza „Palma") przekraczają ten wymiar.

Owalność wszystkich pocisków jest naogół minimalna, nawet u najsilniej owalnego Pocisku III (0,3% średnia, 0,6% maksymalna).

W łuskach, wszystkie amunicje, za wyjątkiem Winchester Precision 200, należą do typu łusek „ciasnych", t. j. takich, które z lekkim oporem wchodzą do komory nabojowej. Jedynie Precision 200 ma łuskę „luźną" i ten czynnik najprawdopodobniej, wraz z dużem wahaniem w ciężarze prochu obniża celność tej, skądinąd bardzo dobrej, amunicji.

Jak bowiem wykazał balistyk amerykański Dr. F. Mann — w pocisku ołowianym ściśle osiowe umieszczenie pocisku w lufie (front sitting) ma na celność wpływ przemożny. A łuska luźna sprzyja skośnemu wprowadzeniu naboju w gwinty.

Owalność łusek u najgorszego Pocisku III jeszcze nie osiąga średnio 0,5%, a ledwo przekracza maksymalnie 1%; jest więc bez znaczenia.

Charakterystyczne są natomiast dwie rzeczy: otóż poza Pociskiem III, silnie stożkowatym, inne amunicje mają łuskę bądź zupełnie walcową (stożkowatość nie przekracza 0,005 mm) lub też nawet o kształcie stożka odwróconego (stożkowatość ujemna). Stożkowatość łuski należy uznać niewątpliwie za błąd; sprzyja ono bowiem powstawaniu strzałów anormalnych przez uchodzenie gazów do tyłu (ob. dalej pod 10). Dlatego też u łusek najsilniej stożkowatych wypadki uchodzenia gazów do tyłu zdarzają się stosunkowo często.

Dalej, zajmującem zjawiskiem jest to, że w amunicji najcelniejszej (Palma, R. Galvano, R) różnica między kalibrem łuski (u spodu), a pociskiem wynosi ledwo 0,01 mm, u najniecelniejszej natomiast (Staynless, Kleanbore) 0,03 do 0,04 mm. Zdaje się to potwierdzać twierdzenie Mann'a o znaczeniu ściśle osiowego wprowadzenia pocisku, ponieważ jasną jest rzeczą, że pocisk o kalibrze mniejszym od łuski, trudniej wejdzie osiowo w lufę, niż pocisk o kalibrze identycznym (w karabinkach małokalibrowych przewód ma naogół lufę o średnicy tej samej, co i komora nabojowa).

Ogółem zwraca uwagę niezmierna staranność wyrobu amunicji

niemieckiej, zwłaszcza w kierunku utrzymania okrągłości łuski i pocisku, i dużo gorsze tolerancje Pocisku III w porównaniu do Pocisku II.

6. *Zacisk pocisków w łuskach.*

Zacisk badano na dynamometrze do naboju o kal. 7,9 mm przez dodatkowe zastosowanie przyrządu, utrzymującego łuskę amunicji małokalibrowej w stałem położeniu. Otrzymane wyniki zawiera zestawienie 15.

Zestawienie 15.

Zacisk naboju.

L. p.	Pocisk II	Pocisk III	Winchester Staynless	Winchester Precision 200	R. Galvano niemiecka	Palma	Kleanbore	Niem. „R"
1	9	10	18	14	5	19	16	8
2	10	10	19	17	7	17	20	7
3	8	10	18	17	12	19	16	11
4	9	11	19	17	12	17	15	8
5	7	10	16	14	6	18	18	10
6	10	7	15	12	4	18	20	10
7	9	11	16	12	6	12	19	6
8	8	10	15	13	9	19	17	8
9	10	9	17	12	8	17	20	10
10	10	10	13	19	10	19	19	10
Średnie	9	10	17	15	8	17	18	9
Max.	10	11	19	19	12	19	20	11
Min.	7	7	13	12	4	12	15	6
Δ	3	4	6	7	8	7	5	5

Jak widać, zaciski poszczególnych gatunków amunicji różnią się od siebie znacznie, prawdopodobnie wskutek stosowania różnych metod zacisku. Amunicję badaną można pod względem siły zacisku podzielić na dwie grupy: Winchester (Staynless i Precision 200) oraz Remington (Palma i Kleanbore) posiadają zaciski średnie w granicach 15 — 18 kg; naboje fabrykacji niemieckiej („R" Smokeles i „R" Galvano) oraz polskiej („Pocisk" partja II i III) mają zaciski o sile 8 — 10 kg.

Z drugiej strony wahania między siłą zacisków w poszczególnych gatunkach amunicji są bardzo rozmaite. Brak aparatów do elaboracji własnej amunicji małokalibrowej uniemożliwia odpowiedź, w jaki sposób siła zacisku wpływa na celność broni,szybkość początkową i t. p.

Rozważania teoretyczne jednak oraz analiza badań nad amunicją kal. 7,9 wskazują, że wpływ ten jest poważny i że lepszą będzie ta amunicja, w której wahania siły zacisku pocisków będą mniejsze.

Charakterystycznem jest małe wahanie zacisku amunicji „Pocisk".

Oprócz siły zacisku dużą rolę gra i *rodzaj* zacisku. Jeżeli zacisk nie jest dość szczelny, wilgoć łatwo dostaje się do prochu, ujemnie wpływając na celność; jeżeli zacisk zgniata pocisk, celność cierpi w dużym bardzo stopniu. Wadę tą posiada w dużym zakresie amunicja Pocisk II, czem się tłumaczy — jak to wyżej omówiliśmy — jej mniejsza celność i większy spółczynnik kształtu (γ). W mniejszym stopniu ma ją jednak i Pocisk III, dlatego też celność jego jest w stosunku do innych badanych amunicyj gorsza.

7. *Czułość i jednostajność zapłonu.*

Próba ta miała określić siłę potrzebną do spowodowania wystrzału. Niejednolitość bowiem zachowania się amunicyj nasuwała przypuszczenie, że w niejednolitości zapłonu leży źródło wadliwości pewnych rodzai amunicji.

Do badania siły zapłonu stosowano początkowo aparat, oparty na zasadzie młota luźno spadowego. Ciężarek 1 kg zawieszano na krótkiej nitce, nad sześcianem stalowym, w wycięciu którego umocowano łuskę spłonką do góry. Przez przytknięcie zapałki do nitki, przepalano ją, powodując upadek ciężarka na spłonkę. Dla osiągnięcia zawsze jednakowego miejsca upadku ciężarka sprawdzano umieszczenie jego przez styk z linją, ustawioną pionowo w tem samem miejscu; jako granicę czułości oznaczano wysokość, przy której nastąpił wypał.

Otrzymane w ten sposób wyniki różniły się między sobą znacznie przy różnych gatunkach amunicji (zestawienie 16).

Ponieważ jednak przy tego rodzaju uderzeniach wypada często z łusek masa zapałowa, z drugiej strony — ponieważ sposób uderzenia nie odpowiada uderzeniu iglicy w karabinie i wreszcie, różny sposób

Zestawienie 16.

Granice czułości zapłonu badane młotem wolno-spadnym.

Pocisk miedziany krótki.

	1	2	3	4	5	6	7
I	9	10	12	15	18	20	25
II	20	22	24	25	27	28	
III	25	25	27				
IV	25	26					
V	26						

Podkreślone wybuchały. Można zatem przyjąć, że granicą wrażliwości na uderzenie będzie 25 — 28 cm.

R. cal. 22. Short.

	1	2	3	4	5	6	7	8
I	10	12	14	16	18	20	22[1])	27[2])
II	20	25	31	35	40			
III	35							
IV	30	32	35					
V	32	34	35	37	38[1])			

[1]) wyleciała przykrywka masy zapalającej w spłonce.

[2]) częściowo wypada masa zapałowa.

Granica 35 — 40 cm.

H. Winchester Short.

I	10	—
II	8	9[2])
III	10	
IV	8	10[2])
V	10	12[2])

Masa zapałowa znajduje się tylko po brzegach dna łuski i nie jest przykryta przykrywką, stąd łatwe jej wypadanie.

Granica 10 cm.

Wszystkie tu użyte masy zapałowe posiadają w swym składzie rtęć piorunującą.

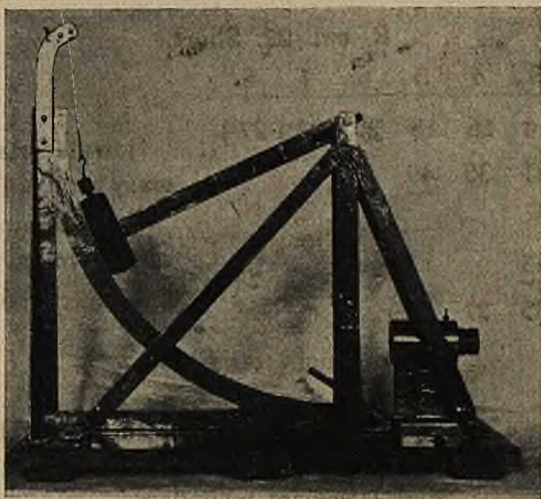
---

umocowania masy zapałowej na dnie łuski może też spowodować zasadnicze różnice przy uderzaniu przedmiotu płaskiego, — zbudowano przyrząd specjalny do badania czułości zapłonów.

Przyrząd ten (rys. 2) oparty jest na zasadzie młota Charpy'ego. Młot utrzymywany przez drut zapomocą krótkiej nitki jedwabnej, umieszcza się w położeniu odpowiadającem pewnej liczbie skali, na ramie półokrągłej. Łuskę umieszcza się w okrągłem kowadełku, posiadającem otwór dla iglicy, przyczem otwór ten zbudowany jest tak, że pozwala na oddanie ognia boczne. Sam młot, po przepaleniu nitki jedwabnej, uderza w płytkę żelazną, ta zaś w występ iglicy, powodu-

jąc zapalenie spłonki. Jeżeli siła młota była zbyt małą do spowodowania zapłonu, wyjmuje się łuskę, przekręca ją, ażeby uderzenie następne trafiło w inne miejsce spłonki, i powoduje zapłon młotem uniesionym wyżej. Siła młotu podana jest w skali podniesienia, co wystarcza dla oznaczenia porównawczego.

Przy ustaleniu granic potrzebnego wzniesienia młota kierowano się zasadą wybrania maksimum i minimum potrzebnego wzniesienia, zwłaszcza w tych wypadkach, gdzie zapłon nie następował po pierwszem uderzeniu, lecz dopiero przy następnych. Daje to pewność znalezienia granicy rzeczywistej.



Rys. 2.

Jako przykład stosowania metody pomiarowej podajemy zestawienie 17 dla amunicji Winchester Precision 200. Granice całości podaje zestawienie 18.

Otrzymane wyniki wskazują, że prawie wszystkie gatunki amunicji posiadają jednakową czułość *zapłonu*. Ponieważ należy założyć, że działanie iglicy polega na lokalnem podniesieniu temperatury w spłonce, drogą zmiany energji mechanicznej na cieplną, to też przy stosowaniu jednakowej masy zapałowej i jednakowo elastycznego materjału łuski, teoretycznie wielkości otrzymane powinny być zupełnie równe.

W rzeczywistości analiza wykazała z jednej strony we wszystkich gatunkach amunicji jako podstawowy składnik piorunian rtęci, z drugiej zaś strony równą u wszystkich gatunków temperaturę pobu-

Zestawienie 17.
Badanie czułości zapłonu amunicji Winchester Prec. 200.

Kolejność pocisku	Wysokość młota			
1	**20**			
2	19	**20**		
3	**19**			
4	**18**			
5	17	**18**		
6	**17**			
7	16	**17**		
8	17	18	19	**20**
9	**17**			
10	**16**			

Zestawienie 18.
Granice czułości zapłonu.

Rodzaj amunicji	Granice czułości
Niemiecka R	18
„ R „Galvano"	16 – 20
Pocisk partja II	16
Pocisk partja III	16 — 20
Kleanbore	15 — 23
Palma	16 — 17
Winchester Pr. 200	16 — 20
Winchester-Staynless	20 — 25

dzenia spłonek. Odchylenia zatem we wrażliwości zapłonu mogą mieć przyczynę swą w dwu czynnikach, a te są:

a) niejednakowy skład ilościowy mas zapałowych, np. co do zawartości szkła zwiększającego tarcie. a więc i różną szybkość podnoszenia temperatury i

b) niejednakową grubość dna łuski.

Zwraca uwagę, że odchylenia te wykazują łuski naboju Remington i Winchester.

Interesującą również jest rzeczą, że najniecelniejsze Kleanbore i Staynless wykazują największe wahania w czułości zapłonu; najcelniejsza Palma ma czułość tę w granicach ledwo 1 podziałki, toż samo niemiecka „R".

Przy niemieckiem „R" Galvano jeden tylko nabój na 10 zapalił się dopiero przy podziałce 20. Ponieważ jednak nabój ten próbowano przy podziałce 15-ej, więc być może kolejnych 5 uderzeń osłabiło zwartość masy zapałowej tak, że nie można brać pod uwagę tego pomiaru. Czułość więc zapłonu amunicji „R" Galvano, choć gorsza od amunicji Palma, zawsze jednak zawiera się w 3 podziałkach (16 —19).

8. *Siła zapłonu.*

Ilość masy zapałowej i skład jej mają wpływ na siłę zapłonu, którą mierzono wielkością wytwarzanego przy zbiciu płomienia.

Wielkość płomienia określano drogą fotograficzną. Karabinek



Rys. 3.

z obciętą przy komorze nabojowej lufą (rys. 3) ładowano łuską obciętą tak, że brzeg łuski dokładnie schodził się z brzegiem obciętego karabinka. W ciemni ustawiono karabinek, umocowany w łapkach poziomo naprzeciwko aparatu fotograficznego. Po założeniu kliszy i otwarciu objektywu, dawano strzał, zamykano objektyw kapturkiem i zapaliwszy światło, ładowano nową łuskę. Identycznie otrzymano fotografję płomienia następnych czterech zapłonów, po każdo-

Smokeless.

R. Galwano.

Pocisk 2.

Pocisk III

Rys.: 4, 5, 6 i 7.

Cleanbore.

Palma.

Winchester Precision 200.

Rys.: 8, 9, 10 i 11.

razowem podniesieniu karabinka w górę o kilka centymetrów, ażeby płomienie nie zlewały się ze sobą. Otrzymane wyniki podają fotografje 4 —11. Oznaczywszy przytem podziałkę zdjęcia, mierzono powierzchnię płomienia na odbitce przy pomocy planimetru.

Otrzymane wyniki przeliczano na wielkość rzeczywistą powierzchni płomienia przez pomnożenie jej przez kwadrat linjowej podziałki zmniejszenia fotograficznego i dodanie powierzchni zawartej w łusce.

Otrzymane tą drogą wyniki podaje zestawienie 19.

Pod względem wielkości płomienia zapłonu, badaną amunicję należy podzielić na trzy grupy:

a) amunicja niemiecka,

b) Winchester i Remington,

c) amunicja polska (do której zbliża się Staynless).

Niewątpliwie na różnice te wpływa różny skład masy zapałowej oraz różne jej ilości w spłonkach. Nie określano składu masy analitycznie, ze względu na brak dostatecznej ilości naboi.

Powtarzająca się stale zgodność między sposobem elaboracji amunicji Pocisk i niemieckiej, nasunęła natomiast przypuszczenie, że i siła zapłonu spowodowana została nie różnym jej składem jakościowym, a wyłącznie ilością masy w spłonce. Dla stwierdzenia tego zważono ilość masy ze spłonek amunicji niemieckiej i polskiej i ciężary te porównano.

Po obcięciu łuski nieco powyżej spłonki zadano masy zapałowe kroplą wody i po pewnym czasie można było drewienkiem bezpiecznie masę tę wyjąć.

Po wysuszeniu w temp. 100° C ważono ilość masy zapałowej z 5-ciu nabojów. Doświadczenie przeprowadzono dwukrotnie.

Ilość masy w 5-ciu spłonkach w gramach:

Amunicja:	I	II
Niemiecka „R"	0,1992	0,1720
Polska „Pocisk III" . . .	0,0950	0,0860

W obu wypadkach stosunek ilości masy w amunicji niemieckiej „R" do „Pocisk III" wynosił prawie 2:1. Stosunek ten utrzymuje się też w wielkości ognia, jaki udało się uchwycić na kliszy 18,2:8,6.

Zwraca uwagę analogja w podziale badanej amunicji na dwie grupy (ponieważ Pocisk i niemiecka, jak przed chwilą omówiliśmy różnią się tylko ilością, a nie jakością masy zapałowej) przy zacisku, czułości i sile spłonki. Dowodzi to analogji w metodach elaboracji.

Zestawienie 19.

Wielkość płomienia spłonki zapałowej.

Rodzaj amunicji	L. p.	Płomień na fotogr. w mm²	Płomień rzeczywisty w mm²	Płomień rzeczywisty + w łusce w mm²	Średnio w cm²
Niemiecka R	1	80	1648	1678	18,18 cm²
	2	105	2163	2193	
	3	82	1689	1719	
	4	95	1957	1987	
	5	72	1483	1513	
Niemiecka R Galvano	1	45	972	1002	14,19 „
	2	60	1236	1266	
	3	70	1442	1472	
	4	80	1648	1678	
	5	80	1648	1678	
Pocisk II	1	25	515	545	7,76 „
	2	45	927	957	
	3	38	783	813	
	4	40	824	854	
	5	33	680	710	
Pocisk III	1	45	972	1002	8,63 „
	2	50	1030	1060	
	3	40	824	854	
	4	32	659	689	
	5	33	680	710	
Kleanbore	1	25	515	545	4,67 „
	2	20	412	442	
	3	20	412	442	
	4	16	330	360	
	5	25	515	545	
Palma	1	25	515	545	5,87 „
	2	18	271	301	
	3	27	557	587	
	4	30	618	648	
	5	40	824	854	
Winchester Prec. 200	1	20	412	442	6,98 „
	2	30	618	648	
	3	45	972	1002	
	4	35	721	851	
	5	25	515	545	
Winchester Staynless	1	42	865	895	8,83 „
	2	45	972	1002	
	3	35	721	751	
	4	—	—	—	
	5	—	—	—	

Zbliżenie się ilości płomienia amunicji Staynless do amunicji polskiej można tłumaczyć użytym w niej prochem bezdymnym, zamiast małodymnego, który to proch wymaga energicznego płomienia do zapalenia. Na czynnik ten zwracaliśmy już uwagę, omawiając ciężar prochu tych amunicyj.

Wpływ siły zapłonu na celność jest prawdopodobnie bardzo duży, oczywiście przy zastrzeżeniu, że została ona dostosowana do rodzaju użytego prochu. Być może w zbyt małej ilości masy zapałowej należy poszukiwać jednego ze źródeł mniejszej celności amunicji Pocisk niż „R"; obie bowiem mają bardzo do siebie zbliżone rodzaje prochu.

9. *Zaołowienie.*

Celem określenia stopnia zaołowienia oznaczano ilość ołowiu, osadzającego się w lufie karabinku po przestrzeleniu go 30-ma nabojami. Z wyczyszczonego i odołowionego karabinku oddawano 30 strzałów danym rodzajem amunicji, poczem lufę karabinka zalewano 5%-owym gorącym roztworem ługu sodowego i odstawiano na 3 godziny. Po 3-ch godzinach ciecz zlewano do zlewki, karabinek przecierano watą i zbierano watę do tejże zlewki, karabinek zaś zalewano świeżym, gorącym roztworem ługu i pozostawiano znów na 24 godziny, poczem ponownie watą do sucha czyszczono. Zebrany płyn i watę po zakwaszeniu kwasem azotowym gotowano, aż do rozgotowania waty (około ½ godziny), poczem watę odsączano, a z klarowanego przesączu, po odparowaniu, strącano kwasem siarkowym siarczan ołowiu. Ołów z siarczanu ołowiu oznaczano zwykłą metodą analityczną.

Zaołowienie badano jednocześnie i przeprowadzano w identyczny sposób z dwu karabinków dla stwierdzenia wpływu lufy karabinka na ilość osadzanego ołowiu. Wyniki podaje zestawienie 20.

Zestawienie to wykazuje, że ilość ołowiu, osadzającego się w karabinku Winchester, jest większa, niż w karabinku Widmer, przy prowadzeniu oznaczenia w identyczny sposób. Od tej zasady wykazują odstępstwo dwa rodzaje amunicji, „Remington Palma" i „Pocisk" partja II, przyczem w tej ostatniej różnica wynosi zaledwie 1 miligram. Prawdopodobnie przy większej ilości oznaczeń wyjątki te zniknęłyby. Większe ilościowo osadzenie się ołowiu w danej lufie przy jednakowym rodzaju amunicji pochodzi z większego zużycia lufy t. zn. występowania w przewodzie jej drobnych szczelin, zagłębień

Zestawienie 20.

Zaołowienie luf.

Rodzaj amunicji	Karabinek Winchester. Ilość ołowiu w gr.	Kbk. Widmer. Ilość ołowiu w gr.	Ogólna ilość ołowiu w kbk. Winchester i Widmer	Kolejność dobroci
Niemiecka R . . .	0,0214	0,0146	0,0360	VII
Niem. R. Galvano .	0,0218	0,0129	0,0347	VI
Pocisk p. II . . .	0,0142	0,0152	0,0294	V
Pocisk p. III . . .	0,0075	0,0060	0,0135	I
Rem. Kleanbore . .	0,0102	0,0097	0,0199	III
Rem. Palma . . .	0,0135	0,0286	0,0421	VIII
Winchester Pr. 200.	0,0093	0,0086	0,0179	II
Winchester Staynless	0,0123	0,0100	0,0223	IV

i t. p., które zapełniają się w czasie strzelania ołowiem i którego następne pociski nie są w stanie zetrzeć [1]).

Ponadto gra jeszcze rolę i ostrość pól.

Jeśli chodzi o ilość ołowiu, osadzanego przez poszczególne rodzaje amunicji, to nie da się z przytoczonych wyników wyciągnąć jakichś ogólnych wniosków. W tablicy zestawione są dane rodzaje amunicji według kolejności ich dobroci, przyczem za najlepszą przyjęto amunicję, która w sumie w obu karabinkach dała najmniejszą ilość ołowiu. Zwraca uwagę, że najlepsze wyniki zaołowienia daje amunicja „Pocisk" p. III, która znów pod innemi względami wykazuje pewne wady. Możliwe, że przyczyną jej najmniejszego zaołowienia jest obfite pokrycie nabojów smarem, czego nie spotyka się w innych nabojach.

Smar ten jednak, jak to pod II (Wnioski) omówimy, ma i szereg niedogodności.

Jeśli chodzi o podział amunicji według grup wytwórni, to „Winchester" i „Pocisk" stoją na pierwszem miejscu, następnie idzie „Remington", a najgorsze wyniki daje amunicja wytwórni niemieckiej.

Amunicja „R. Galvano" dała, jak się tego można było spodziewać, zaołowienie mniejsze, niż „R". Zysk, zdobyty przez galwaniczne pokrycie ołowiu miedzią, nie jest jednak bynajmniej tak duży. A więc nie w mniejszem ołowieniu leży główna zaleta amunicji galwanizowanej.

[1]) Kugel und Schrot. Rocznik 33 Nr. 23, str. 268.

Dla szczegółowego wyświetlenia przyczyn różnego zaołowienia, należałoby jeszcze stwierdzić skład chemiczny materjału naboju oraz jego twardość.

10. *Związek między stanem łuski przed i po strzale, a celnością strzału.*

Przy badaniu niektórych gatunków naboi zauważono, że niektóre rozrzuty wykazują pociski wyraźnie odchylone wdół, przyczem odchylenie to było tak silne, że strzał ten możnaby było wykluczyć w myśl reguł wykluczania strzałów.

Wychodząc jednak z założenia, że „strzały, których wynik odchyla się stosunkowo silnie w porównaniu do innych i które obserwatorzy mają zwykle tendencję wykluczyć, są właśnie temi, które wzbudzają najwięcej zainteresowania u dobrego badacza" [2]), — postanowiliśmy zbadać przyczynę tych odchyleń, zwłaszcza, że procentowa ilość seryj, wykazujących te odchylenia, zdawała się być charakterystyczną dla poszczególnych amunicyj.

Trzeba przytem dodać, że dla strzelających taki strzał wyraźnie odchylony jest o wiele gorszy, niż nawet duży rozrzut i że każdy strzelec woli amunicję o nieco większym rozrzucie, ale zato nie dającą strzałów odchyleniowych, niż o rozrzucie małym, w którym jednak od czasu do czasu pojawia się strzał odchylony.

Z wielkością rozrzutu może się bowiem strzelec liczyć przy strzelaniu, ale strzału odchylonego ani uwzględnić, ani przewidzieć nie może.

To też zbadanie przyczyny strzałów odchylonych może się w pewnej mierze przyczynić do usunięcia tej plagi, trapiącej większość amunicyj małokalibrowych.

Już podczas pierwszych strzelań, stwierdzono przypadkowo, że specjalnie dużemi odchyleniami wdół charakteryzują się naboje, których łuska bardzo łatwo wychodzi z komory nabojowej i przy strzale daje odrzut gazów do tyłu. Zjawisko to poczęto badać, mierząc średnicę łuski przed i po strzale oraz odchylenie naboju, dla stwierdzenia zachodzącego tu związku. Z badań tych okazało się, że:

1. Normalnie łuski po strzale ulegają rozdęciu, najsilniejszemu przy spłonce, wskutek czego przybierają kształt stożkowaty.
2. Łuski naboi, dających nienormalnie wielkie odchylenie, ulegają rozdęciu mniejszemu, niż naboi o rozrzucie normalnym.

---

[2]) Gen. Journée. Tir des fusils de chasse. Wyd. III. Paris 1920, str. 357.

3. Najbardziej charakterystyczny brak rozszerzenia się łuski po strzale następuje w łuskach o dużem odchyleniu w miejscu szyjki łuski.

Po stwierdzeniu powyższego starano się zbadać, czy z wielkości średnicy łuski przed strzelaniem nie da się wyciągnąć wniosku o wartości naboju á priori. W tym celu 97 naboi „Pocisk" mierzono przed i po strzelaniu w miejscu szyjki łuski. Pomiary przeprowadzono mikromierzem ze ścisłością do 0,01 mm, do tego celu wystarczającą. Z drugiej strony 10 sztuk naboi rozładowano przy pomocy dynamometru, tak samo mierząc średnicę łuski, dla stwierdzenia zależności między siłą zacisku, a średnicą łuski przed i po wystrzale.

Badania te doprowadziły do następujących wniosków:

1) Ze średnicy łuski przed strzelaniem nie można wyciągnąć żadnego wniosku co do jakości naboju.

2) Łuski po strzale ulegają normalnie rozdęciu, zwiększając swą średnicę przy wylocie o 0,08—0,10 mm i to rozdzęcie przyjąć należy za normalne.

3) Niektóre łuski wykazują albo rozdęcie znacznie mniejsze, albo nawet i zwężenie po strzale. Łuski te charakteryzują się przeważnie dużem odchyleniem punktu uderzenia pocisku, aczkolwiek zdarza się czasem i przy tych łuskach, że strzał leży normalnie, w granicach rozrzutu. Stąd wniosek, że brak rozdęcia (lub nawet zwężenie) łuski jest naogół związany z jej nieszczelnością w komorze nabojowej, powodującą cofnięcie gazów do tyłu, a zmniejszenie skutkiem tego ciśnienia gazów jest prawdopodobnie powodem dużego odchylenia. Stwierdzone jednak wyjątki wymagają wyjaśnienia tego zjawiska obszerniejszym materjałem dowodowym.

4) Nie da się wprowadzić ścisłej zależności między średnicą łuski przed lub po strzale, a siłą zacisku w łusce. Średnica łuski po rozładowaniu dynamometrem zmniejsza się, analogicznie jak i przy wystrzale naboju o dużem odchyleniu. Wskazuje to, że prawdopodobnie jednym z powodów nierozdęcia łuski jest zbyt małe ciśnienie wytworzone w łusce.

Innych powodów w omawianym materjale nie znaleziono.

Chcąc więc owe dość fragmentaryczne dane zbadać szczegółowo, usiłowano w niniejszej pracy ugruntować je na znacznie większym materjale dowodowym.

Łuski mierzono mikromierzem wyłącznie po strzale, gdyż z prac uprzednich okazało się, że pomiar jej przed strzałem jest niecelowy. Po każdym strzale łuskę zawijano w papierek, na którym pisano ko-

lejność strzału. Pomiaru dokonywano w 3-ch miejscach na jednym obwodzie koła przy szyjce łuski, wynik notowano, a obok w tabeli wpisywano miejsce uderzenia danego pocisku. Odchylenie pocisku oznaczono w ten sposób, że środek rozrzutu oznaczano przez zero, a dla pozostałych strzałów określano ich różnicę między położeniem śladu a środkiem rozrzutu. Rozpatrywano tylko odchylenia wdół i w górę, ponieważ najprawdopodobniej zmniejszenie ciśnienia nie może wywołać zbytniego odchylenia w bok. Po zestawieniu tabeli rozrzutów i szybkości początkowej wybrano z każdej łuski o wybitnie mniejszej średnicy, sprawdzono związek między tem zjawiskiem, a wielkością odchylenia położenia śladu i szybkości początkowej. W ten sposób ułożono zestawienia 21, 22, 23, 24.

Z zestawień 21 i 22 widać, że łuski, których średnica po strzale jest nienormalnie małą, w 65,8%, t. zn. w dwóch trzecich wykazują znacznie większe odchylenie od normalnego wdół, a tylko w jednej trzeciej części rozrzut normalny.

Zupełnie zgodne są z tem wyniki badania rozdęcia łusek i szybkości początkowej, zawarte w zestawieniu 23. Na sześć łusek o średnicy przy szyjce mniejszej od normalnej, cztery miały najmniejszą szybkość początkową z danego rodzaju amunicji, a więc wynik procentu jest zupełnie zgodny z wynikiem strzelania na celność.

Ponieważ z drugiej strony nie stwierdzono żadnego strzału anormalnego przy łusce normalnie rozdętej po strzale, można przyjąć, *że przyczyną strzałów wyraźnie odchylonych wdół, tak co do celności, jak i co do szybkości początkowej jest zjawisko łuski nienormalnie rozszerzonej przy strzale, a więc brak szczelnego zamknięcia komory nabojowej od tyłu.*

Jednakowoż nie każda taka nienormalność powoduje odchylenie wdół, lecz jedynie ich $^2/_3$. Istnieją widocznie przyczyny, których nie zdołano wykryć w posiadanym przez nas materjale, a które mogą częściowo usuwać ujemny wpływ nieszczelności komory nabojowej.

Interesującą jest zależność między ilością łusek o mniejszej średnicy, a karabinkami użytemi do strzelania (zestawienie 24).

Widać z niego, że o ile naboje, strzelane z kbk. Winchester i Widmer mają prawie jednakową ilość łusek o mniejszej średnicy, to przy kbk. Vickers ilość ta znacznie jest mniejsza. Jednocześnie przy kbk. Vickers najlepiej wygląda stosunek ilości rozrzutów normalnych do łusek nienormalnych, bo wynosi 23%, podczas gdy przy kbk. Winchester liczba ta wynosi 37%, a w kbk. Widmer 32%.

Analogicznie przedstawia się zestawienie 23, gdzie żadna łuska

ZESTA

Odchylenie łusek i śladów przy

L. p.	Rodzaj amunicji	Ilość oddanych strzałów z kb. Winchester	Vickers	Widmer	Razem
	50 m				
1	Niemiecka R. . . . . , ...	40	—	40	80
2	Niemiecka R. Galvano	40	40	40	120
3	Pocisk p. II	40	—	40	80
4	Pocisk p. III	40	—	40	80
5	Palma	40	40	40	120
6	Kleanbore	40	40	40	120
7	Winchest. Pr. 200	40	—	55	95
8	Winch. Staynless	40	40	40	120
	100 m				
1	Niemiecka R.	30	30	30	90
2	Niemiecka R. Galvano	30	30	30	90
3	Pocisk p. II	30	30	30	90
4	Pocisk p. III	30	30	30	90
5	Palma	30	30	30	90
6	Kleanbore	30	30	30	90
7	Winchest. Pr. 200	30	30	30	90
8	Winchest. Staynless	30	30	30	90
	150 m				
1	Niemiecka R.	30	30	30	90
2	Niemiecka R. Galvano	30	30	30	90
3	Pocisk p. II	30	30	30	90
4	Pocisk p. III	30	30	30	90
5	Palma	30	30	30	90
6	Kleanbore	30	30	30	90
7	Winchest. Pr. 200	30	30	30	90
8	Winchest. Staynless	30	20	20	70
	200 m				
1	Niemiecka R.	—	30	30	60
2	Niemiecka R. Galvano	30	30	30	90
3	Pocisk p. II	30	30	30	90
4	Pocisk p. III	30	30	30	90
5	Palma	30	30	30	90
6	Kleanbore	30	30	30	90
7	Winchest. Pr. 200	30	30	30	90
8	Winchest. Staynless	—	25	—	25

WIENIE 21.

strzelaniu na celność na odległości:

Ilość łusek o mniejszej średnicy				Ilość odpowiadających najw. rozrz.				Ilość rozrzutów normalnych			
Winchester	Vickers	Widmer	Razem	Winchester	Vickers	Widmer	Razem	Winchester	Vickers	Widmer	Razem
50 m											
1	—	1	2	1	—	—	1	—	—	1	1
6	—	4	10	4	—	2	6	2	—	2	4
7	—	4	11	3	—	2	5	4	—	2	6
1	—	3	4	1	—	2	3	—	—	1	1
5	2	4	11	3	1	4	8	2	1	—	3
7	4	6	17	4	4	4	12	3	—	2	5
6	—	6	12	3	—	4	7	3	1	2	6
6	3	4	13	3	1	2	6	3	2	2	7
100 m											
2	3	3	8	1	1	3	5	1	2	—	3
3	3	—	6	3	3	—	6	—	—	—	—
5	3	3	11	3	3	2	8	2	—	1	3
5	3	1	9	3	2	1	6	2	1	—	3
5	4	6	15	2	3	5	10	3	1	1	5
4	2	3	9	3	1	3	7	1	1	—	2
1	3	2	6	—	2	2	4	1	1	—	2
2	2	1	5	2	2	—	4	—	—	1	1
150 m											
2	—	3	5	1	—	2	3	1	—	1	2
2	1	2	5	2	1	2	5	—	—	—	—
2	1	6	9	2	—	3	5	—	1	3	4
2	—	2	4	2	—	—	2	—	—	2	2
—	1	3	4	—	1	2	3	—	—	1	1
—		1	1	—	—	1	1	—	—	—	—
2	—	2	4	1	—	2	3	1	—	—	1
1	2	2	5	1	2	1	4	—	—	1	1
200 m											
—	2	3	5	—	2	1	3	—	—	2	2
3	4	—	7	1	3	—	4	2	1	—	3
2	1	2	5	2	1	2	5	—	—	—	—
4	—	2	6	4	—	1	5	—	—	1	1
—	3	1	4	—	3	1	4	—	—	—	—
2	2	—	4	2	2	—	4	—	—	—	—
2	2	2	6	—	2	2	4	2	—	—	2
—	1	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—

Zestawie

Sumaryczne przedstawienie ilości od-

L. p.	Rodzaj amunicji	Ilość oddanych strzałów na odległości					Ilość łusek o mniejszej śre dn. na odległości				
		50	100	150	200	Razem	50	100	150	200	Razem
1	Niemiecka R.	80	90	90	60	320	2	8	5	5	20
2	Niemiecka R Galvano . .	120	90	90	90	390	10	6	5	7	28
3	Pocisk p. II .	80	90	90	90	350	11	11	9	5	36
4	Pocisk p. III .	80	90	90	90	350	4	9	4	6	23
5	Palma . . .	120	90	90	90	390	11	15	4	4	34
6	Kleanbore . .	120	90	90	90	390	17	9	1	4	31
7	Winch. Pr. 200	95	90	90	90	365	12	16	4	6	38
8	Winchester Staynless. .	120	90	70	25	305	13	5	5	1	24
	Razem					2860					234

Zestawie

Odchylenie łusek i szybkości przy

L. p.	Rodzaj amunicji	Ilość oddanych strzałów			
		Winchester	Vickers	Widmer	Razem
1	Niemiecka „R"	11	11	11	33
2	„ R Galvano . .	11	11	11	33
3	Pocisk II	11	11	11	33
4	Pocisk III	11	11	11	33
5	Palma	11	11	11	33
6	Kleanbore	11	11	11	33
7	Winchester Precision 200 .	11	11	11	33
8	Winchester Staynless. . .	11	11	11	33

Zestawie

Odchylenie łusek i anormalnych strzałów

Karabinek	Ilość łusek o mniejsz. rozrz.				
	50	100	150	200	Razem
Winchester	39	27	11	13	90
Vickers	9	23	6	15	53
Widmer	32	19	21	10	82

nie 22.

chyleń łusek i strzałów anormalnych.

	Ilość odpow. największ. rozrzutów						Ilość normalnych rozrzutów				
	na odległości						na odległości				
w %	50	100	150	200	Razem	w %	50	100	150	200	Razem
6,2	1	5	3	3	12	3,7	1	3	2	2	8
7,2	6	6	5	4	21	5,4	4	—	—	3	7
10,3	5	8	5	5	23	6,6	6	3	4	—	13
6,6	3	6	2	5	16	4,6	1	3	2	1	7
8,7	8	10	3	4	25	6,4	3	5	1	—	9
7,9	12	7	1	4	24	6,1	5	2	—	—	7
11,2	7	4	3	4	18	4,9	5	12	1	2	20
7,9	6	4	4	1	15	4,9	7	1	1	—	9
100%					154	65,8%					80

nie 23.

pomiarze szybkości początkowej.

Ilość łusek o mniejszej śr.				Ilość odpow. największ. roz.				Ilość rozrzutów norm.			
Winchester	Vickers	Widmer	Razem	Winchester	Vickers	Widmer	Razem	Winchester	Vickers	Widmer	Razem
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	1	2	—	—	1	1	1	—	—	1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1
1	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—
1	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—
—	—	1	1	—	—	1	1	—	—	—	—

nie 24.

w stosunku do poszczególnych karabinków.

Ilość odpow. największ. rozrz.					Ilość rozrzutów normalnych				
50	100	150	200	Razem	50	100	150	200	Razem
22	17	9	9	57	17	10	2	4	33
6	17	4	14	41	4	6	1	1	12
20	16	13	7	56	12	3	8	3	26

o zmniejszonej średnicy nie pochodziła z kbk. Vickers'a. Dla wyświetlenia tego zjawiska należałoby szukać zależności między średnicą komory nabojowej i łuski, czego dla braku dostatecznego materjału nie mogliśmy dokonać w niniejszej pracy.

Z zestawienia 22 widać, który rodzaj amunicji daje największą ilość łusek o mniejszej średnicy.

Pod względem dobroci z tego punktu widzenia kolejność amunicji przedstawia się następująco:

Pod względem odchyleń łusek:

1) Niemiecka „R".
2) Pocisk partja III.
3) Winchester Staynless.
4) Remington Kleanbore.
5) Winchester Staynless.
6) Remington Palma.
7) Pocisk partja II.
8) Winchester Precision 200.

Pod względem nienormalności strzałów:

1) Niemiecka „R".
2) Pocisk partja III.
3) Winchester Staynless.
4) Winchester Precision 200.
5) „R" Galvano.
6) Remington Kleanbore.
7) Remington Palma.
8) Pocisk partja II.

Porównanie tej kolejności z zestawieniem 13 wykazuje, że kaliber łuski gra tu najmniejszą rolę.

Przyczyny tego zjawiska nienormalnie rozszerzonych łusek należałoby więc raczej szukać:

1) w nieodpowiedniej twardości i grubości łuski,
2) w wahaniu w sile zacisku lub w wadliwym zacisku,
3) w źle przygotowanym materjale łuski (wyżarzanie),
4) w zbyt powolnem zapalaniu się prochu, wskutek czego pocisk opuszcza zbyt powolnie łuskę (analogja z rozładowaniem naboju dynamometrem).

Badanie zjawisk pod 2, 3 i 4 wymaga specjalnej aparatury, której nie posiadaliśmy.

Natomiast celem wyjaśnienia produkcyjnie ważnego problemu twardości łuski, przystąpiliśmy do pomiarów średnicy łuski (zesta-

wienie 14), jej grubości oraz sztywności i twardości materjału, z którego łuska została wykonana.

Do pomiarów dodatkowych rozporządzano następującemi rodzajami amunicji: Niemiecka R, Pocisk III, Precision 200, Kleanbore, Palma, Staynless.

Z materjału, na którym oparto zestawienie 14, wyciągnięto średnice łusek, które wyglądają następująco (zestawienie 25).

Zestawienie 25.
Porównanie średnic i nienormalnych rozszerzeń łusek.

Rodzaj amunicji	Średnice łusek	Kolejność wedle najniższej średnicy	Kolejność wedle największej % ilości nienorm. rozszerzeń
Precision 200 . . .	5,70—5,66	I	V
Pocisk II	5,73—5.69	VI	I
Niemiecka „R". . .	5,74—5,69	VII	VIII
Kleanbore	5,72—5,69	V	III
Pocisk III.	5,73—5,66	II*)	VII
Palma	5,73—5,68	III	II
„R" Galvano . . .	5,75—5,71	VIII	IV
Staynless	5,73—5,68	IV	VI

Z tabeli zestawionej nie da się stwierdzić, by ilość nienormalnych rozszerzeń łuski zależała wyłącznie od jej średnicy. Wpływ sprężystości musi tu być przemożny, z drugiej zaś strony różnice między średnicami są tak niewielkie, że też nie mogą mieć zdecydowanego wpływu.

11. Grubość łuski.

Pomiaru grubości ścianek łuski dokonywano w dwóch miejscach: przy miejscu zacisku oraz w pobliżu umieszczenia spłonki. Po odcięciu spłonki przecinano łuskę wzdłuż osi pionowej, rozwijano ją na płaszczyźnie i po delikatnem wyprostowaniu drewnianym młotkiem mierzono grubość mikromierzem Johanssona z dokładnością do 0,01 mm. Większa dokładność jest zbyteczna. Wyniki podaje zestawienie 26.

---

*) Przy równej liczbie decyduje o miejscu oceny mniejszy wymiar średnie średnicy łuski wedle zestawienia 14.

Zestawienie 26.
Pomiary grubości łuski.

Rodzaj amunicji	Pomiary szczegółowe w setnych mm		Średnio	
	I. w pobliżu zacisku	II. w pobliżu spłonki	I.	II.
Precision 200	23, 25, 24, 24, 23	29, 28, 29, 28, 27	24	28
Niemiecka R	28, 30, 30, 31, 29	40, 40, 38, 35, 37	30	38
Kleanbore. .	23, 23, 23, 25, 23	28, 27, 29, 31, 28	23	29
Pocisk III. .	27, 29, 29, 30, 29	31, 33, 35, 33, 31	29	32
Palma . . .	26, 24, 23, 23, 25	28, 28, 29, 29, 30	24	29
Staynless . .	24, 26, 22, 23, 24	29, 28, 29, 28, 29	24	29

Jak widać, amunicja Pocisk i niemiecka wyróżniają się większą grubością łuski, niż wszystkie inne. Grubość łuski zawsze jest większa przy spłonce niż przy zacisku, co wynika z samej metody ciągnienia łuski.

12. Twardość łuski.

Twardość materjału, z którego zrobiona jest łuska, mierzono, po jej rozwinięciu, aparatem Shore'a; wyniki podane są w skali stosunkowej (zestawienie 27):

Zestawienie 27.
Pomiar twardości łuski.

Rodzaj amunicji	Pomiary szczegółowe	Średnio
Precision 200 . .	19, 19, 20, 20, 19, 18, 20, 21, 19, 20	20
Niemiecka „R". .	8, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 11	10
Kleanbore . . .	21, 20, 21. 21, 21, 19, 18, 20, 20, 20	20
Pocisk III. . . .	10, 10, 8, 7, 10, 10, 8, 7, 10, 10	9
Palma	21, 21, 21, 22, 20, 20, 20, 20, 20, 19	20
Staynless	20, 21, 18, 20, 20, 18, 19, 20, 19, 20	20

Jak widać, za wyjątkiem Pocisku i niemieckiej „R", których materjał jest wybitnie miękki, wszystkie inne łuski mają twardości te same.

Jako iloczyn z kwadratu grubości ścianek łuski (przy zacisku) przez twardość materjału powstanie tak zwana „sztywność" łuski, którą również mierzono doświadczalnie. Wynik pomiarów doświad-

czalnych zgadza się dość blisko z iloczynem pomiarowym twardości i grubości (oczywiście przy wprowadzeniu odpowiedniego spółczynnika).

13. *Sztywność łuski.*

Jako sztywność łuski przyjęto ilość kg potrzebną do zgniecenia łuski przy wylocie o określoną wielkość. Przy pomiarach tych posługiwano się dynamometrem z urządzeniem dodatkowem jak wskazano na załączonej fotografji (rys. 12). Po wyjęciu pocisku z łuski,



Rys. 12.

umieszczano ją zawsze na jednakowej odległości od dna między nieruchomą częścią *a* połączoną z dynamometrem i ruchomą podstawką *b*, obniżającą się przy obrocie śruby. Przy obrocie śruby o 180° otrzymywano za każdym razem, wskutek niezmienności skoku śruby, jednakową wielkość zgniotu. Siłę potrzebną do tego, będącą jednocześnie miarą sprężystości łuski, odczytywano wprost z dynamometru z dokładnością ± 1 kg (zestawienie 28):

Jak z liczb twardości i grubości wynika, amunicja niemiecka „R" i Pocisk III wykazały, pomimo największej grubości łuski, dzięki miękkości materjału, z którego je wykonano, sumarycznie najmniejszą

Zestawienie 28.
Pomiar sztywności łuski.

Rodzaj amunicji:	Pomiary szczegółowe:	Średnio:
Precision 200	15, 16, 15, 14, 14	15
Niemiecka „R"	13, 12, 12, 12, 13	12
Kleanbore	15, 15, 16, 15, 15	15
Pocisk III	13, 12, 14, 12, 12	12 — 13
Palma	18, 16, 16, 16, 16	16
Staynless.	18, 16, 18, 16, 16	17

sztywność. Odpowiednio do tego amunicje te powinny posiadać najmniejszą ilość nienormalnych rozszerzeń łusek.

Rzeczywiście z zestawienia 29 wynika, że tak jest.

Poszczególne amunicje wykazują naogół zgodny procent odchyleń, za wyjątkiem jednej tylko amunicji Precision 200, której procent odchyleń jest nienormalnie duży.

Zestawienie 29.
Porównanie sztywności i ilości rozszerzeń.

Amunicja:	Sztywność:	% ilość nienorm. rozszerzeń łuski
Precision 200	15	11,2
Niemiecka „R"	12	6,2
Kleanbore	15	7,9
Pocisk III	12 — 13	6,6
Palma	16	8,7
Staynless.	17	7,9

Jeżeli więc pominąć ten wyjątek, to z liczb powyższych można wyciągnąć wniosek, że ilość nienormalnych rozszerzeń łuski stoi w prostym stosunku do sztywności łuski. Dalsza zależność wynika prawdopodobnie z jakości prochu i stosunku energji prochu do twardości łuski.

Przyczynę odchyleń w amunicji Precision 200 należy więc prawdopodobnie szukać w tych czynnikach, dalej w najmniejszym ze wszystkich wymiarze jej łuski i w wymienionych poprzednio: zaci-

sku, wyżarzeniu i charakterze spalania się prochu, których wpływu nie byliśmy w możności zbadać.

II. Wnioski.

1. *Omówienie typów badanej amunicji.*

Badaną amunicję można podzielić na szereg grup, wyraźnie różniących się pomiędzy sobą swemi cechami.

a) Amunicja „R" i „R. Galvano" ma cechy prawie identyczne, różni się jedynie pociskiem ołowianym: natłuszczonym w amunicji „R", galwanicznie namiedziowanym w amunicji Galvano.

Celność tej amunicji jest naogół bardzo duża, odznacza się ona dużą szybkością początkową, jedną z największych jaką dotąd w amunicji małokalibrowej stosowano. Pocisk ma ciężar normalny, t. j. taki, jaki stosuje się w większości naboi małokalibrowych long rifle (2,55 g). Na kształt balistyczny pocisku nie zwrócono dużej uwagi, zato kształt jego pozwala na możliwie wielką jednolitość produkcji. Proch bezdymny, siła zapłonu bardzo duża, największa ze wszystkich badanych gatunków amunicji, zacisk słaby, czułość spłonki jednakowa. Łuska gruba, zato bardzo miękka. Posiada małą sztywność, dzięki której procentowa ilość nienormalnych rozszerzeń łuski jest bardzo mała; jednak proch bezdymny, stosunkowo — mimo silnego zapłonu — wolnopalny, powoduje, że częściej niż przy innej amunicji, nienormalne rozszerzenie pociąga za sobą odchylenie strzału wdół.

Ze wszystkich amunicyj, „R" daje (prócz amunicji „Palma") największe zaołowienie, prawdopodobnie skutkiem największych szybkości początkowych, leżących już blisko granicy deformacji pocisku ołowianego.

Dużą swą celność zawdzięcza amunicja „R" niewątpliwie swej dużej szybkości, jak i doskonałej dokładności produkcji, wykazującej procentowo minimalne wahania w ciężarze pocisku (a przy amunicji „R" — i prochu), bardzo małe tolerancje w wyrobie pocisku i łuski, prawie zupełną identyczność między kalibrem łuski i pocisku, co niewątpliwie wywierać musi bardzo duży wpływ na celność.

W porównaniu między sobą amunicje „R" i „R. Galvano" różnią się jedynie pociskiem, przyczem amunicja „R. Galvano" wykazuje większą szybkość początkową oraz celność, gorszą wprawdzie na 50 m, ale już przewyższającą celność amunicji „R" na odległościach dalszych. Wobec równocześnie nieco lepszego spółczynnika

balistycznego, należy sądzić, że prawdopodobnie pocisk „R. Galvano" ulega — dzięki powłoce miedzianej mniejszej deformacji w lufie, niż ołowiany, co zresztą widać również z mniejszego zaołowienia pociskiem „R. Galvano", niż pociskiem „R".

Różnice w ciężarze prochu i pocisku są nieznaczne, zresztą równokierunkowe, „R. Galvano" ma nieznacznie cięższy pocisk i nieznacznie więcej prochu. Wobec równocześnie słabszego zapłonu nie tu należy prawdopodobnie szukać źródła większej szybkości początkowej, lecz raczej w mniejszem tarciu pocisku w lufie.

Ogólnie więc można przypuszczać, że cienka powłoka miedziana jest raczej korzystna: powiększa szybkość a pomniejsza zniekształcenie pocisku; temsamem więc polepsza celność, obniżając równocześnie zaołowienie lufy, w nieznacznym jednak tylko stopniu.

Powłoka miedzi ma i tę zaletę, że usuwa konieczność stosowania zewnętrznej warstwy tłuszczu, którego zupełnie równe rozciągnięcie jest niezmiernie trudne, a której nierównomierność wpływa ujemnie na lot pocisku i na celność.

Trzeba jednak stwierdzić, że pod względem równomiernego rozciągnięcia warstwy tłuszczu amunicja „R" jest wzorowa.

b) Amunicje amerykańskie przedstawiają cechy dość różnolite.

Najcelniejsza ze wszystkich „Palma", celnością swą przewyższająca amunicję „R. Galvano", ma również dużą szybkość początkową.

Widać więc, że — zgodnie z przesłankami teoretycznemi — duża szybkość początkowa sprzyja naogół celności. Wniosek ten jest oczywiście względny, słuszny jedynie przy tej długości lufy (ponad 100 kalibrów), tej stosunkowej grubości lufy (ponad 2 kalibry), tych naogół niskich ciśnieniach, jakie panują w lufie karabinka małokalibrowego; ponadto powiększenie szybkości sprzyja celności jedynie wtedy, gdy nie pociąga za sobą zniekształcenia pocisku w lufie, o co przy pocisku ołowianym, a szybkościach ponad 300 m/sek. — bardzo łatwo.

Przeświadczenie, że zwiększenie szybkości sprzyja celności, jest tak silne, że ostatnio Remington, którego nabój Palma był pierwszym krokiem na drodze zwiększania szybkości początkowej, poszedł jeszcze krok dalej i, stosując specjalnie mocne łuski i specjalnie twarde pociski, zwiększył jeszcze szybkość dość znacznie, produkując amunicję t. zw „Hi Speed" (o wysokiej szybkości), okazującą rzeczywiście w większości broni nadzwyczaj dużą celność.

Niewątpliwie przez dalsze powiększenie twardości pocisku i wielkości, lub siły ładunku, możnaby jeszcze dużo uzyskać w szybkości początkowej i celności amunicji. Droga ta jest jednak dość niebezpieczna.

Właściwym bowiem celem amunicji „małokalibrowej" i główną podstawą jej tak szerokiego rozpowszechnienia jest, obok jej taniości, również i jej stosunkowa „bezpieczność", zezwalająca strzelać nią na strzelnicach o wiele słabszych, a tem samem i o wiele tańszych, niż strzelnice, dostosowane do normalnej amunicji wojskowej.

Tymczasem wraz ze wzrostem szybkości początkowej wzrasta niewątpliwie i cena amunicji i jej siła przebicia (tem bardziej, że wzrost szybkości uzyskać można jedynie przy równoczesnem zwiększeniu twardości pocisku), a tem samem konieczna jest większa grubość osłon na strzelnicach, co podniesie koszt ich budowy i wykluczy większość strzelnic, dotychczas dla tej amunicji stosowanych.

Tem samem więc zwiększanie szybkości początkowej prowadzi nieuniknienie do obalenia celu, który przyświecał przy stworzeniu amunicji „małokalibrowej".

Wskazanem byłoby więc, by zwiększenia celności poszukiwać nie w drodze zwiększania siły amunicji, ale raczej na drodze zacieśniania tolerancyj fabrykacyjnych i usunięcia wszystkich ujemnie na celność działających wpływów, których część omówiliśmy w niniejszej pracy.

Niewątpliwie zresztą i postanowienia międzynarodowego sportu strzeleckiego przeciwstawiają się tej tendencji powiększania szybkości początkowej, a tem samem położą kres tej drodze zwiększania celności amunicji małokalibrowej.

Ciężar amunicji Palma jest największy (2,60 g); jest to górna granica ciężaru dopuszczonego jeszcze do międzynarodowych zawodów strzeleckich. W ciężarze tym leży niewątpliwie częściowo i źródło celności. Kształt balistyczny, jak wogóle w amunicji amerykańskiej, lepszy. Proch małodymny, zapłon słaby, zgodnie z większą łatwością zapalania prochu, ale o czułości bardzo regularnej. Zacisk silny. Łuska cienka, ale z materjału twardego, posiada sztywność większą, niż amunicja „R". Stąd też pochodzi stosunkowo duży procent łusek nienormalnie rozszerzonych, których nie zdoła wyrównać dość nawet szybkopalny proch. Stąd też, mimo dużej celności średniej, — duży stosunkowo procent strzałów odchylonych wdół.

Zaołowienie daje ta amunicja bardzo duże, skutkiem niewątpliwie swej dużej szybkości.

Dużą swą celność zawdzięcza ona prawdopodobnie głównie swej szybkości i swej wadze, a ponadto bardzo dobremu kształtowi łuski i małej różnicy między średnicą łuski a pocisku (nie całe 0,01).

Dokładność produkcji jej nie jest zbyt duża; zarówno bowiem w wadze prochu, jak i pocisku — wykazuje ona duże różnice tolerancyj fabrykacyjnych.

Amunicja *Winchester Precision 200* wykazuje szybkość początkową dużo mniejszą.

Resztą swych cech zbliża się silnie do amunicji Remington Palma, jedynie ciężar jej pocisku jest mniejszy. Odpowiednio do mniejszej szybkości daje i mniejsze zaołowienie.

Mniejsza jej celność w porównaniu do „Palma" wynika prawdopodobnie z mniejszej szybkości, ciężaru pocisku, znacznie większej nieregularności produkcji (olbrzymie wahania w ciężarze prochu) i z mniejszej czułości zapłonu, oraz — w dużym niewątpliwie stopniu — ze zbyt małego kalibru, zarówno łuski, jak i pocisku; wpływ tego czynnika omawialiśmy poprzednio.

Czynniki te, wraz z małą sztywnością łuski, powodują niewątpliwie największy procent łusek nienormalnie odchylonych, przyczem jednak proch silnie szybkopalny w dużym stopniu brak ten wyrównywa; dlatego też ilość strzałów odchylonych wdół nie jest w tej amunicji przesadna.

Winchester Staynless różni się od Palmy przedewszystkiem innym typem spłonki (nie powodującym rdzy) i innym prochem. Produkcyjnie o wiele dokładniejszy, wykazuje jednak bardzo duże różnice między kalibrem łuski a pocisku. W tem też leży prawdopodobnie jedno źródło jej niecelności. Drugiem jest prawdopodobnie zbyt słaby zapłon w porównaniu do wolnopalnego prochu, trzeciem być może, zbyt mało czuły zapłon, czwartem wreszcie, prawdopodobnie równie ważnem, — nader mała szybkość w porównaniu do innych amunicyj. W tem może tkwi przyczyna, że amunicja ta, celniejsza od amunicji Kleanbore na 50 i 100 m, już na 150 m staje się od niej o wiele gorszą. Potwierdza to raz jeszcze przypuszczenie, że szybkość jest w tym typie amunicji czynnikiem sprzyjającym celności. Łuska jej szersza daje mniej procentowo rozszerzeń nienormalnych łuski, lecz mniejsza szybkopalność prochu powoduje, że procento-

wa ilość strzałów odchylonych jest ta sama, co w amunicji Precision 200.

Zupełnie inny typ przedstawia *Remington Kleanbore;* jest to amunicja o bardzo lekkim pocisku, wyrównywającym balistycznie swą mniejszą wagę lepszym kształtem.

Dokładność produkcyjna bardzo nieduża, różnica między kalibrem łuski a pocisku znaczna, — same czynniki, które ujemnie wpływają na celność.

Trudno się więc dziwić, że jest to najmniej celną z badanych amunicyj.

c) *Amunicja „Pocisk"* cechami swemi zbliża się bardzo do niemieckiej „R", na której widocznie jest wzorowana.

Różni się od niej jedynie: mniejszą szybkością początkową, lecz zato lepszym kształtem balistycznym (czynnik ten dodatnio wpływa na celność na dalsze odległości, na bliższych niema wpływu), nieco większym ciężarem pocisku (co na celność wpływa dodatnio), o połowę mniejszą siłą zapłonu (co wybitnie ujemnie wpływać musi na celność), wielką różnicą między kalibrem łuski a pocisku (czynnik dla celności ujemny), łuską (w Pocisku III) stożkową, zamiast walcowej (czynnik ujemny) oraz bardzo dużą dokładnością fabrykacji w ciężarze prochu i amunicji (czynnik dodatni) .

Czynniki te więc najprawdopodobniej są równoważne. Przyczyny mniejszej celności należy więc zapewne szukać z jednej strony w nieodpowiednim zacisku, powodującym zniekształcenie tyłu pocisku, z drugiej zaś — w zbyt grubej powłoce tłuszczu, zmniejszającej wprawdzie zaołowienie, ale powiększającej znacznie (zwłaszcza wobec bardzo nierównomiernego rozłożenia tłuszczu na tych pociskach) ujemny wpływ przesunięcia z osi symetrji środka ciężkości tak lekkiego pocisku.

Pocisk III, choć ma nie o wiele gorszą celność, wykazuje mniejszą dokładność produkcyjną (stożkowatość łuski, owalność i tolerancja łuski, owalność pocisku).

2. *Ogólne wnioski co do wartości amunicji.*

Rozpatrując badaną amunicję pod względem celności, można ustalić następującą jej kolejność:

Pierwszeństwo należy się amunicji „Palma", drugie miejsce należy się amunicji niemieckiej „R. Galvano", dalsze Winchester pr. 200, Pocisk II, Niemiecka R., Pocisk III, Kleanbore i Winchester Staynless.

Ale wnioski te należy brać bardzo ostrożnie. Jak już bowiem

choćby z przeprowadzonych przez nas badań wynika, dla każdej broni i dla każdej nieomal odległości inna amunicja jest najcelniejszą.

Potwierdza to praktyka wielu strzelców, którzy wiedzą, że chcąc uzyskać najlepsze wyniki ze swej broni, muszą dobierać starannie do niej i amunicję.

Nie gra przytem roli jedynie system broni, choć niewątpliwie jego rola jest bardzo duża, zależnie bowiem od wymiarów komory nabojowej, od średnicy przewodu lufy i jej systemu gwintowania, raz ta, a raz inna amunicja ma cechy najbardziej przystosowane do danej lufy. Ponadto jednak dużą rolę grają i indywidualne własności danej broni, leżące wprawdzie w granicach tolerancji produkcyjnej, niemniej jednak dla każdej broni inne. Te drobne indywidualne różnice wystarczą już, by sprzyjać celności przy jednej amunicji, a przeciwdziałać przy drugiej.

Charakterystycznym przykładem może być fakt następujący: w roku 1930 w Antwerpji reprezentacyjna drużyna amerykańska, uzbrojona, za wyjątkiem dwu strzelców, w kbk. Springfield 0,22 cala, dobrała po starannych próbach jako najcelniejszą do nich amunicję Hi-Speed, o której wspomnieliśmy wyżej.

Amunicja ta rzeczywiście okazała się najlepszą dla wszystkich karabinków, za wyjątkiem jednego, też Springfield'a 0,22, w którym najlepsze wyniki dawała amunicja Kleanbore [3]), — właśnie ta, której niecelność wynikła z naszych badań w jaskrawy sposób.

Jest to najlepszym dowodem, jak ostrożnie należy brać wszystkie dane o celności lub niecelności amunicji małokalibrowej i jak dużo zależy tu od indywidualnego doboru amunicji do broni.

Nawet pomiędzy poszczególnemi partjami jednej i tej samej amunicji różnice są dość duże.

Z tego też względu trudno przypisywać przesadne znaczenie ogłoszonej przez niemiecki „Versuchsanstalt" w „Kugel und Schrot [4]), a przedrukowanej w „American Rifleman" [5]) — tabeli porównawczej celności amunicji, tabeli, która ma wskazać wyższość amunicji niemieckiej nad wszelką inną, a amerykańską w pierwszym rzędzie. Wobec bowiem niewątpliwie obfitego materjału, jakim rozporządzała Versuchsanstalt, nietrudno było wybrać ten właśnie, który miał wykazać „wyższość" amunicji „R".

---

[3]) American Rifleman listopad 1930 r. str. 10.
[4]) Kugel und Schrot Nr. 13 z 1929 r.
[5]) American Rifleman czerwiec 1930 r.

Z naszych badań wynika raczej, że w gruncie rzeczy trudno przypisać wyższość jakiejkolwiek z badanych amunicyj.

Uważając za zupełnie dobrą amunicję tę, której średnica w żadnej broni nie przekracza na 50 m wielkość 2 cm, do kategorji tej należy zaliczyć Winchester Precision 200, „R" i Palma. Widać, że R. Galvano, której celność okazuje się dopiero na dalszej odległości, do tej grupy nie należy.

Druga grupa, t. j. której średnica nigdy nie przekracza 2,5 cm, — to oba Pociski i R. Galvano.

Trzecia, to amunicja wybitnie zła, o rozrzucie przekraczającym 3 cm średnicy (Staynless i Kleanbore).

Ogólnie więc, uwzględniając zwłaszcza większe zaołowienie i silniejszy płomień zapłonu (a więc silniej żrące działanie amunicji) nie można bynajmniej uważać, by „najlepsza amunicja amerykańska była właśnie tylko tyle warta, że daje się pobić przez niemiecką „R", jak to dumnie twierdzi „Versuchsanstalt" w cytowanym artykule w „Kugel und Schrot". Amunicja „R" jest bezsprzecznie amunicją zupełnie dobrą, nie jest jednak bynajmniej najlepszą, jak to mniema wielu naszych strzelców.

Dobre bowiem marki amerykańskie (Palma i Precision 200) są co najmniej równie dobre, jeśli nie lepsze.

Odnośnie amunicji krajowej „Pocisk", to zbliża się ona dość blisko do amunicji najlepszej i — jeżeli usunięte zostaną usterki i niedomagania, wymienione w niniejszem omówieniu — to ma ona wielkie szanse, by zaliczać się do amunicyj najlepszych, zwłaszcza, że w wielu punktach jej dokładność produkcyjna jest wprost wyśmienita.

Partja Pocisk II wykazuje, że wytwórnia jest w możności produkować amunicję long rifle, dorównywającą zupełnie najlepszym amunicjom zagranicznym. Jeżeli więc przeciętna jej partja odpowiadać będzie swemi możliwościami amunicji Pocisk II, nie ulega wątpliwości, że w krótkim czasie zdoła ona wyprzeć z naszego rynku wszelką amunicję zagraniczną.

3. *Uwagi końcowe.*

Studjum niniejsze miało na celu porównać cechy użytkowe najpopularniejszych u nas amunicyj małokalibrowych i zbadać te ich cechy balistyczne i produkcyjne, które mogą mieć wpływ na poszczególne cechy użytkowe amunicji, a w pierwszym rzędzie na jej *cel-*

ność, — o ile oczywiście posiadane przez nas środki pomocnicze na badanie takie zezwoliły.

Równocześnie staraliśmy się ustalić wpływ poszczególnych czynników na celność i przyczyny poszczególnych zjawisk ujemnych, stwierdzonych przez nas w trakcie prób.

O ile pierwsza część, t. j. stwierdzenie stanu faktycznego możliwą była do przeprowadzenia w sposób dość systematyczny, o tyle część drugą, t. j. badanie przyczyn i wpływów — uskutecznić mogliśmy jedynie fragmentarycznie i przygodnie.

Systematyczne bowiem i kompletne jej przeprowadzenie wymagałoby elaboracji amunicji próbnej o rozmaitych cechach, do czego niestety nie mieliśmy potrzebnej aparatury.

Przeprowadzenie takich studjów uważamy za bardzo pożyteczne. Mogłoby ono bowiem dać wiele materjału naukowego, wyświetlającego zjawiska strzału w lufie małokalibrowej, a ponadto wiele wskazań praktycznych, o dużem niewątpliwie znaczeniu dla produkcji.

Ze względu na potrzebną do prób aparaturę, studja takie przeprowadzić by mogła jedynie wytwórnia, przyczem niewątpliwie nabyte doświadczenie wielokrotnie opłaciłoby jej koszty tych prób.

Ppłk. inż. RAKOWSKI HENRYK.

TRANSPORT MATERJAŁÓW WYBUCHOWYCH I AMUNICJI.

Wstęp.

Produkowane materjały wybuchowe przewożone są bądź bezpośrednio na miejsce ich zużycia (do kopalń, kamieniołomów i t. p.), bądź do zakładów, przerabiających dane materjały wybuchowe na inne produkty przemysłowe lub stosujących je jako składniki do wyrobu amunicji, mieszanek wybuchowych i t. p.

Przejściowo, przez krótszy lub dłuższy okres, mogą one być również przechowywane w specjalnych magazynach lub składnicach. W wypadku tym dochodzą jeszcze dodatkowe przewozy — z wytwórni do składnicy i ze składnicy do miejsca zużycia lub do odnośnego zakładu przemysłowego.

W ten sposób każdy kilogram materjału wybuchowego, zanim zostanie zużyty, przewożony bywa tym czy innym środkiem lokomocji na dziesiątki, a czasami na setki i nawet tysiące kilometrów. Ta sama historja powtarza się i z amunicją. Przewozy te związane są naturalnie z niebezpieczeństwem pożarów i eksplozyj. Jeżeli o nieszczęśliwych wypadkach przy przewozach materjałów wybuchowych i amunicji w normalnych czasach słyszymy stosunkowo rzadko, to jedynie dlatego, że we wszystkich krajach przewozy te uregulowane są przez mniej lub więcej szczegółowe przepisy, mające na celu sprowadzić do minimum ryzyko przy przewozach materjałów niebezpiecznych wogóle, a materjałów wybuchowych i amunicji w szczególności. Tem niemniej wypadki te zachodzą i przy większych ilościach

materjałów wybuchowych, wywołując niejednokrotnie duże straty materjalne i wiele ofiar. Przyczyną tych wypadków jest najczęściej niezachowanie odnośnych przepisów przewozu. Niezachowanie to szczególnie często bywa podczas wojny, przy silnie zwiększonych a terminowych transportach.

Poniżej przytaczam zaczerpnięty z literatury opis kilku poważniejszych wypadków, jakie miały miejsce przy przewozach materjałów wybuchowych i amunicji.

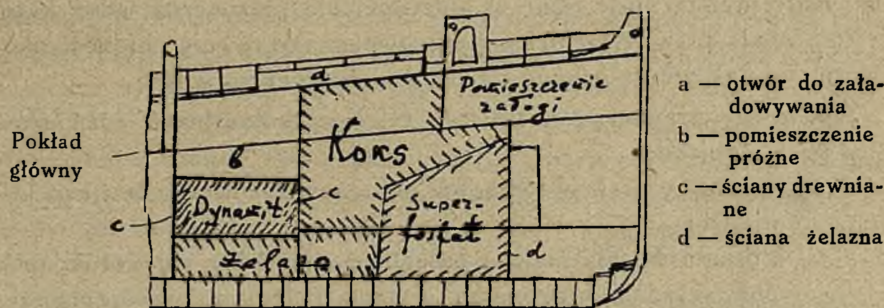
Dnia 5 września 1905 r. na parowcu „Chatham" wiozącym 80 tonn dynamitu, w kanale Sueskim wybuchł pożar, który objął ładunek koksu, oddzielony od ładunku dynamitu tylko ścianką drewnianą. Dla uniknięcia eksplozji dynamitu statek zatopiono. Nie można go jednak było pozostawić w tym stanie, gdyż tamowałby on ruch w kanale i stale zagrażałby niebezpieczeństwem eksplozji. Podnosić statek i wypompowywać wodę nie zdecydowano się w obawie, że część nitrogliceryny mogła już wyługować się z dynamitu i zawierać się w wodzie. Za niebezpieczne również uznano wydobywanie ze statku poszczególnych skrzynek z dynamitem przy pomocy nurków i detonowanie ich na brzegu, wobec tego, że na statku poza dynamitem był i ładunek superfosfatu, który pod wpływem wody wydziela kwas siarkowy, przyśpieszający rozkład dynamitu (szkic rozmieszczenia ładunków na statku podaje rys. 1). Sprawę rozwiązano w ten sposób, że po opróżnieniu okolicy w promieniu 10 km cały ładunek dynamitu, znajdujący się na zatopionym statku, zdetonowano dnia 28 września na miejscu przy pomocy dodatkowego ładunku żelatyny wybuchowej. Przy eksplozji słup dymu, rozszerzający się ku górze, sięgał wysokości 1000 metrów i powstała wielka fala. W miejscu zatopienia statku wyrwało ogromny lej, a brzegi kanału na długości 120 m i szerokości 30 do 35 m osunęły się. Kanał oczyszczono i otwarto dla ruchu statków dopiero dnia 8 października 1905 r., t. j. po miesięcznej zgórą przerwie [1]).

Dnia 7 marca 1913 r. parowiec „Alum Chine", załadowywany był dynamitem w przystani Baltimore. Ładunek wynosił 12.000 skrzynek dynamitu. W pewnej chwili z niewyjaśnionej dokładnie przyczyny powstał na statku pożar, który po 20 minutach spowodował eksplozję dynamitu. Ofiarą wypadku padło 27 osób zabitych i 39 rannych. Straty materjalne wyniosły 850.000 dolarów.

---

[1]) p. Zeitschrift für das gesammte Schiess- und Sprengstoffwesen 1906 r. s. 117.

Dnia 14 czerwca 1921 r. w Walleville Miss. w Stanach Zjednoczonych nastąpiło zderzenie dwóch pociągów towarowych, puszczonych omyłkowo po jednym torze jeden nawprost drugiego. Zderzenie samo przez się nie spowodowało większej katastrofy. Po 10 minutach jednak nastąpiła silna eksplozja, która zniszczyła obydwa parowozy i 9 wagonów, powodując stratę w wysokości 141.625 dolarów. Okazało się, że w jednym z pociągów, wbrew przepisom, wagon, zawierający 600 skrzynek żelatyny wybuchowej, umieszczony był bezpośrednio za parowozem. Po zderzeniu ogień, prawdopodobnie z paleniska parowozu, dosięgnął rozsypanej wskutek zderzenia żelatyny i wywołał jej eksplozję. Gdyby wagon z żelatyną był conajmniej 15-tym za parowozem, jak tego wymagają przepisy kolejowe amerykańskie, to eksplozja prawdopodobnie nie wynikłaby [2]).



Rys. 1

W Rosji, w okresie wojny światowej i w pierwszych latach rewolucji niezachowanie środków ostrożności przy przewozach materjałów wybuchowych i amunicji spowodowało kilka bardzo poważnych katastrof. Szczegóły tych wypadków przytaczam podług opisu prof. A. W. Sapożnikowa [3]).

Na stacji kolejowej N. [4]), znajdującej się w odległości około 400 metrów od składnicy uzbrojenia i około 1000 metrów od wytwórni prochu bezdymnego, z niewyjaśnionej przyczyny zapaliły się worki z saletrą, leżące w ilości 6.500 — 8.500 kg, pod otwartem niebem na platformie kolejowej. Wobec kompletnego braku środków ochro-

---

[2]) p. Army Ordnance Nr. 53 z marca-kwietnia 1929 r. s. 324 i 326.

[3]) Prof. A. W. Sapożnikow. Zawody dla proizwodstwa porochow i wzrywczatych wieszczestw. Moskwa. 1929 r. s. 150 — 157.

[4]) Prof. Sapożnikow nie podaje w swych opisach dokładnie ani daty ani miejsca przytaczanych katastrof.

ny przeciwpożarowej — ogień przerzucił się na 14 wagonów z amunicją, stojących obok platformy. Nastąpiła eksplozja amunicji, przyczem rozrzucane przy eksplozji pociski wywołały w sąsiedztwie szereg pożarów. Jednocześnie pożar z platformy doszedł do składnicy uzbrojenia, gdzie wystąpił szereg eksplozyj, połączonych z rozrzucaniem pocisków na odległości do 7—8 km. Pod wpływem tych pocisków w wytwórni prochu zaczęły się w wielu miejscach pożarv i drobne eksplozje, a następnie zaszły jedna po drugiej dwie olbrzymie eksplozje dużych magazynów prochu. W jednym magazynie detonowało około 150 tonn, a w drugim — około 835 tonn prochu bezdymnego, prawdopodobnie pod wpływem trafienia w nie pocisków wybuchowych. Detonacje te spowodowały duże zniszczenia w całej wytwórni, a na miejscu magazynów powstały ogromne leje średnicy do 100 m i głębokości do 10 m. W porównaniu z kolosalnemi stratami materjalnemi ilość ofiar w ludziach była nieznaczna, gdyż katastrofa miała przebieg w dzień i pracownicy jak również ludność okoliczna zdołali wczas usunąć się poza niebezpieczną strefę.

Główne przyczyny katastrofy tej i jej kolosalnych rozmiarów były następujące:

1) absolutny brak przyrządów przeciwpożarowych na stacji kolejowej;
2) stosunkowo nieznaczne odległości pomiędzy wytwórnią prochu, składnicą uzbrojenia a stacją kolejową, przyczem przestrzeń ta miejscami zawalona była skrzynkami z amunicją,
i 3) magazyny prochu bezdymnego nadmiernej pojemności umieszczone były, wbrew przepisom, na terytorjum wytwórni i nie były nawet otoczone wałami.

Drugi wypadek zdarzył się przy wyładunku materjałów wybuchowych ze statku. Na statku tym, wbrew zasadniczym wymaganiom, ogólnie obowiązującym przy magazynowaniu i transportach materjałów wybuchowych, przechowywano w jednem pomieszczeniu łącznie chloran potasu, kwas pikrynowy i czerwony fosfor. Materjały te były w beczkach niedość mocnych i szczelnych tak, że część materjału wysypywała się na podłogę magazynu i na dolne warstwy beczek, tworząc bardzo niebezpieczną, zapalającą się już od potarcia, mieszaninę w rodzaju mieszanin, stosowanych przy wyrobie zapałek i zapłonników tarciowych. Podczas wyładunku ze statku beczek z chloranem potasu, przy tarciu liny o ścianki beczek, które częściowo pokryte były wskazaną potrójną mieszaniną, obserwowa-

no lekkie trzaski i iskrzenie się, nie zwrócono jednak na to należytej uwagi. Niewątpliwie jedno z takich zatarć, więcej silne, wywołało pożar, a następnie eksplozję zapasów wojennych, znajdujących się na statku. Eksplozja statku ze swej strony spowodowała pożar i szereg eksplozyj w nadbrzeżnych magazynach amunicyjnych.

Inny wypadek eksplozji statku z dużym ładunkiem materjałów wybuchowych, wywołany był przez zamach. Jeden z tych wypadków spowodował straty w wysokości około 40 miljonów rubli i kilku zabitych, drugi — również znaczne straty materjalne i około 100 osób zabitych.

Ostatni wreszcie, przytoczony przez prof. Sapożnikowa, większy wypadek miał przebieg następujący. Na jednej ze stacyj kolejowych przy torach zapasowych zgromadzono duże zapasy amunicji, przygotowane do załadunku. Po rozpoczęciu załadunku z niewyjaśnionej przyczyny powstał pożar, który szybko rozszerzył się na cały teren stacji i wywołał szereg niewielkich eksplozyj. Między innemi pożar objął pociąg, naładowany siarką i saletrą, wskutek czego wytworzyły się gazy duszące. Gazy te i eksplozje uniemożliwiły oraz silnie utrudniły zwalczanie pożaru. Ofiarą pożaru padło około 50 osób i około 600 wagonów, załadowanych amunicją i częściowo żywnością. Poza tem zniszczeniu uległ cały szereg budynków. Straty materjalne wyniosły kilkadziesiąt miljonów rubli.

W Polsce w pierwszych latach niepodległości również mieliśmy parę wypadków przy transporcie materjałów wybuchowych. Największy wypadek zaszedł w 1920 r. na jednym z fortów w Krakowie podczas pośpiesznej ewakuacji zapasów wojennych z zagrożonych przez nieprzyjaciela terenów. Na forcie tym składano prochy bezdymne, dowożone z pobliskiej stacji kolejowej na samochodach ciężarowych. Przepisy bezpieczeństwa wobec pośpiechu były niedość ściśle przestrzegane; wielu skrzyń z prochem nie wniesiono do kazamat natychmiast po przywiezieniu ich na fort, a ustawiono czasowo w stosy przy wejściach; dziedziniec fortu usiany był prochem luźnym, wysypującym się z nieszczelnych skrzynek. Od iskry z samochodu zapalił się proch, rozsypany na ziemi, ogień przerzucił się na stosy skrzyń z prochem, ustawione na dziedzińcu, i objął cały fort. Cały zapas w ilości ponad 100 tonn spalił się, o tyle szczęśliwie, że bez eksplozji. Ofiarą wypadku padło 2 ludzi.

Materjały wybuchowe i amunicja przewożone są kolejami, statkami, wozami lub samochodami. Poniżej na podstawie źródeł zagranicznych omawiam przepisy bezpieczeństwa, obowiązujące przy przewozie materjałów wybuchowych każdym z powyższych środków lokomocji. Posiadany przezemnie zbiór przepisów jest, niestety, niekompletny, w szczególności brak mi przepisów francuskich, przypuszczam jednak, że omówienie posiadanych przepisów bądź co bądź rozjaśni nieco sprawę i zachęci może innych autorów do zajęcia się poruszoną kwestją i podania dodatkowych danych. Pozwoliło by to na zgromadzenie materjału, niezbędnego dla racjonalnego opracowania brakujących u nas przepisów przewozu lub uzupełnienia istniejących.

Przytoczone niżej przepisy omawiają warunki transportu wyłącznie zewnętrznego i to przeważnie ładunków przemysłowych; transporty czysto wojskowe podlegają nieco innym przepisom, zasadnicze jednak środki zabezpieczenia są w obu wypadkach jednakowe.

Przewozy wewnątrz odnośnych wytwórni i składnic, aczkolwiek oparte na analogicznych zasadach, stanowią temat odrębny, wychodzący poza ramy niniejszego artykułu. Pobieżnie temat ten omówiony był w Przeglądzie Artyleryjskim w artykule „Przepisy bezpieczeństwa dla zakładów uzbrojenia w Stanach Zjednoczonych" [5]).

Przewóz materjałów wybuchowych i amunicji kolejami.

Sprawa przewozów kolejami materjałów niebezpiecznych, w tej liczbie materjałów wybuchowych i amunicji, najlepiej prawdopodobnie postawiona jest w Stanach Zjednoczonych A. P. W kraju, gdzie koleje prawie w całości są w rękach przedsiębiorstw prywatnych, konkurujących między sobą, uregulowanie tej sprawy napotykało na szczególne trudności. Dzięki jednak organizacji i zrozumieniu własnej korzyści — trudności te usunięto i wspólnym wysiłkiem utworzono specjalną, jedyną w swoim rodzaju instytucję, mającą za zadanie badanie i opracowywanie przepisów przewozu kolejami materjałów niebezpiecznych, jak również kontrolę nad przestrzeganiem wydanych w tej sprawie przepisów. Instytucja ta — t. zw. „Biuro bezpiecznego transportowania materjałów wybuchowych i innych niebezpiecznych artykułów" (Bureau for the Safe Transportation

---

[5]) p. Przegl. Artyl. 1926 r. str. 137.

of Explosives and other Dangerous Articles), zwane w skrócie również „Biurem Materjałów Wybuchowych“ (Bureau of Explosives), jest w odnośnych sprawach organem wykonawczym i opinjodawczym Międzystanowej Komisji Handlowej (Interstate Commerce Commission). Historję tej instytucji podaję niżej podług artykułu Beverly W. Dunn'a, ppłk. w st. sp. służby uzbrojenia amerykańskiej armji, obecnie Głównego Inspektora Biura Materjałów Wybuchowych [6].

W kwietniu 1905 r. ówczesny vice-prezydent Towarzystwa kolejowego Pennsylvania James Mc Crea wystąpił do Związku Towarzystw kolejowych amerykańskich z wnioskiem utworzenia komisji, która opracowałaby przepisy bezpieczeństwa dla transportów materjałów wybuchowych. Dotychczasowe indywidualne wysiłki poszczególnych Towarzystw kolejowych zabezpieczenia tych transportów od wypadków osiągały swój cel tylko w nieznacznym stopniu i konieczność wspólnej akcji wszystkich Towarzystw kolejowych stała się oczywistą.

Dzięki zabiegom Mc Crea zdecydowano utworzyć komisję i polecić jej opracowanie przepisów przewozu kolejami materjałów wybuchowych i innych niebezpiecznych artykułów z tem, że przepisy te będą przedstawione Związkowi Towarzystw kolejowych na zebraniu w październiku 1905 r. i po zatwierdzeniu — polecone członkom Związku do przyjęcia i zastosowania się. Podczas gdy zastanawiano się jeszcze nad doborem członków uchwalonej komisji, dnia 11 maja 1905 r. w Harrisburg Pa. zdarzyła się eksplozja, jedna z największych, jaka była kiedykolwiek na kolejach amerykańskich. Przy eksplozji tej postradało życie 20 ludzi, a straty materjalne wyniosły ponad 600.000 dolarów.

Przez lato 1905 r. komisja pilnie opracowywała przepisy przy pomocy szeregu rzeczoznawców cywilnych i przedstawicieli Departamentu Uzbrojenia i Biura Uzbrojenia Marynarki. Przepisy, opracowane przez komisję, w październiku 1905 r. zatwierdzone zostały przez Związek Towarzystw kolejowych i bezpośrednio potem przyjęte przez wszystkich członków Związku.

Przyjęcie nowych przepisów przewozu przez Związek kolei i opublikowanie ich, jakkolwiek miało bardzo wielkie znaczenie, nie spowodowało jednak większych zmian w sposobach traktowania materjałów wybuchowych przy przewozach. Aby wydane przepisy

---

[6]) p. Army Ordnance Nr. 53 z marca-kwietnia 1929 r. s. 324—328.

rzeczywiście weszły w życie, niezbędne było utworzenie pewnej centralnej, wspólnej dla wszystkich Towarzystw kolejowych, instytucji, mającej za zadanie kontrolę wykonania przepisów. W rok po wydaniu przepisów, w październiku 1906 roku, Związek Towarzystw kolejowych uchwalił zorganizowanie i zatwierdził statut takiej instytucji, a w niespełna 7 miesięcy później instytucja ta została utworzona w Nowym Jorku i rozpoczęła swą pracę pod nazwą „Biura bezpiecznego transportowania materjałów wybuchowych i innych niebezpiecznych artykułów". Członkami Biura w owym czasie (w czerwcu 1907 r.) było 78 Towarzystw kolejowych, obsługujących 136.026 mil (218.900 km) linji kolejowej. W 1913 r. statut Biura zmieniono i zaczęto przyjmować na członków Biura nie tylko Towarzystwa kolejowe, ale i kompanje okrętowe jak również firmy, produkujące materjały wybuchowe lub wszelkie inne artykuły niebezpieczne oraz opakowanie do tych materjałów. W styczniu 1929 r. członkami Biura były: 498 Towarzystw kolejowych, obsługujących 304.656 mil (490.280 km) linji kolejowej, 120 Towarzystw przemysłowych, 11 kompanij okrętowych i 4 kompanje pociągów pośpiesznych.

W chwili utworzenia Biura w sprawie przewozów materjałów wybuchowych obowiązywała przestarzała, nieodpowiadająca nowoczesnym wymaganiom bezpieczeństwa ustawa, wydana przez Kongres w 1866 roku. Jedną z pierwszych czynności Biura było wystąpienie o zmianę tej ustawy. Dzięki staraniom Towarzystw kolejowych i większych firm, produkujących materjały wybuchowe, została ona uchylona i zastąpiona przez ustawę z dnia 30 maja 1908 r., kodyfikowaną i uzupełnioną w następstwie przez ustawy z 4 marca 1909 r. i z 4 marca 1921 r. [7]).

---

[7]) Ustawa, uchwalona dnia 4 marca 1921 r. na Kongresie obu Izb (sejmu i senatu) Stanów Zjednoczonych, głosi:

Artykuł 232. W granicach jurysdykcji Stanów Zjednoczonych na wszelkich statkach, kolejach, wozach i t p., przewożących za opłatą pasażerów wewnątrz kraju lub w ruchu zagranicznym, wzbroniony jest prawnie łączny z pasażerami przewóz wszelkich materjałów wybuchowych kruszących w rodzaju dynamitów, spłonek i zapalników detonujących, prochów dymnych i innych t. p. wyrobów i materjałów wybuchowych. Dopuszcza się natomiast przewóz prochów bezdymnych, zapalników bez spłonek detonujących, zapłonników, wyrobów pirotechnicznych (fajerwerków) i innych t. p., jak również należycie opakowanych i oznakowanych próbek materjałów wybuchowych, przeznaczonych do badań laboratoryjnych, z tem jednak, że materjałów tych nie wolno umieszczać w przedziałach, przeznaczonych dla płatnych pasażerów i że na jednym statku lub wozie nie wolno przewozić jednocześnie więcej niż 20 próbek materjałów wybuchowych, wagi każda najwyżej ½ funta (227 g). Bez ograniczeń dopuszcza się przewóz amunicji małokalibrowej, jak również takich rakiet, sygnałów i t. p., które mogą być potrzebne dla bezpieczeństwa ruchu.

Artykuł 233 ustawy tej zezwala Międzystanowej Komisji Handlowej korzystać z Biura Materjałów Wybuchowych, jako swego organu wykonawczego i opinjodawczego.

Powyższe zastrzeżenia artykułu tego nie mogą służyć pretekstem do odmowy przewozu na pasażerskich statkach, pociągach lub wozach oddziałów wojskowych, lądowych lub morskich, wraz z przynależną do nich amunicją.

Art. 233. Poleca się Międzystanowej Komisji Handlowej opracowanie szczegółowych przepisów bezpiecznego przewozu materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych, w tej liczbie ciał stałych i płynów łatwozapalnych, materjałów utleniających, płynów żrących, gazów zgęszczonych i substancyj trujących.

W granicach jurysdykcji Stanów Zjednoczonych wszystkie kompanje okrętowe, Towarzystwa kolejowe i przedsiębiorstwa przewozowe, trudniące się przewozem materjałów wybuchowych lub innych artykułów niebezpiecznych wewnątrz kraju lub w ruchu zagranicznym, obowiązuje przestrzeganie przepisów, wydanych przez Międzystanową Komisję Handlową. O ile to okaże się pożądane wobec zmiany warunków lub otrzymania nowych informacyj, Komisja Handlowa w przepisach tych może wprowadzać zmiany i ulepszenia z własnej inicjatywy lub na wnioski zainteresowanych stron. Zalecone sposoby opakowania, znakowania, ładowania i obchodzenia się z materjałami niebezpiecznemi podczas przewozu mają być oparte na najlepszych ze znanych, wykonalnych w praktyce środkach zabezpieczenia transportów. W przepisach należy zastrzec konieczność sprawdzania, czy nadawane materjały są w odpowiednim do przewozu stanie. Przepisy Międzystanowej Komisji Handlowej jak również wszelkie zmiany i modyfikacje ich, o ile nie jest nakazany przez Komisję termin krótszy, wchodzą w życie w 90 dni po opublikowaniu ich i winny być przestrzegane aż do ich zmodyfikowania lub unieważnienia.

W wykonaniu wymagań niniejszej ustawy Międzystanowa Komisja Handlowa może posługiwać się Biurem dla bezpiecznego transportowania materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych jak również może korzystać z porad i współpracy każdego Ministerstwa, wydziału lub urzędu Państwowego, ale żaden urzędnik lub pracownik państwowy za czynności te nie może otrzymywać dodatkowego wynagrodzenia, nieprzewidzianego prawnie.

Art. 234. W granicach jurysdykcji Stanów Zjednoczonych przewóz płynnej nitrogliceryny, luźnego piorunianu rtęci w stanie suchym i innych t. p. materjałów wzbroniony jest na wszelkich statkach, pociągach i innych środkach lokomocji, służących do przewozu pasażerów lub towarów po drogach lądowych lub wodnych, wewnątrz kraju lub w obrocie zagranicznym.

Art. 235. Każda paczka, zawierająca materjały wybuchowe lub inne artykuły niebezpieczne, nadawana do przewozu publicznym środkiem lokomocji, winna posiadać nazewnątrz wyraźny napis, wskazujący zawartość paczki. Nadawanie lub powodowanie nadawania jakiegokolwiek bądź materjału wybuchowego lub innego niebezpiecznego artykułu do przewozu publicznemi środkami lokomocji wbrew przepisom, wydanym na podstawie art. 233 niniejszej ustawy, jak również przewożenie materjałów tych na statkach, w pociągach lub wozach, służących na lądzie lub wodzie dla ruchu publicznego wewnątrz kraju lub w obrocie zagranicznym, za fałszywem znakowaniem fakturą, zleceniem lub deklaracją, i bez uprzedniego pisemnego poinformowania władz przewozowych o rzeczywistym charakterze przewożonego materjału — jest karalne. Każdy, kto świadomie przekracza lub powoduje przekroczenie zastrzeżeń niniejszego artykułu lub trzech poprzednich artykułów ustawy lub jakiegokolwiek bądź przepisu, wydanego w wykonaniu niniejszej ustawy przez Międzystanową Komisję Handlową, podlega karze pienięż-

Biuro Materjałów Wybuchowych składa się ustawowo:

1) z biura Głównego Inspektora, jako kierowniczego organu Biura,
2) z laboratorjum chemicznego wraz z odpowiednim personelem i wyposażeniem oraz
3) z zespołu inspektorów wyjazdowych.

Do obowiązków inspektorów wyjazdowych należą:

1) inspekcje wytwórni, w których są produkowane i przygotowywane do wysyłki materjały wybuchowe lub inne artykuły niebezpieczne;
2) inspekcje wytwórni, produkujących podług przepisów Międzystanowej Komisji Handlowej opakowanie dla materjałów wybuchowych lub innych materjałów niebezpiecznych;
3) przeprowadzanie prób z nowemi wzorami opakowania w celu sprawdzenia, czy gwarantują one bezpieczeństwo podczas transportu; jak również informowanie o wymaganiach w sprawie opakowania;
4) pobieranie próbek materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych i przesyłanie ich do laboratorjum chemicznego Biura w celu sprawdzenia ich własności;
5) inspekcje magazynów, w których przechowywane są materjały niebezpieczne, przeznaczone do wysyłki koleją;
6) zabrakowywanie materjałów wybuchowych, które wydają się niebezpieczne do transportu kolejowego; w wypadku takim inspektor przesyła próbki materjału do laboratorjum chemicznego Biura celem zbadania i orzeczenia, czy przepakowanie materjału może być dokonane bezpiecznie, czy też materjał musi być przerobiony a może zniszczony;
7) nadzór nad przepakowaniem lub wykonaniem innego niezbędnego zabiegu z materjałem wybuchowym lub innym niebezpiecznym ładunkiem, zabrakowanym z powodu złego opakowania podczas przewozu lub na terenie kolei lub w magazynach kolejowych albo okrętowych;
8) inspekcja stacyj kolejowych, pasażerskich i towarowych, wago-

---

nej do wysokości 2.000 dolarów lub karze więzienia do 18 miesięcy lub obu tym karom łącznie.

Art. 236. Jeżeli w wyniku niedostosowania się do zastrzeżeń któregokolwiek bądź z poprzednich 4-ch artykułów niniejszej ustawy lub któregolwiek bądź z przepisów Międzystanowej Komisji Handlowej nastąpi śmierć lub uszkodzenie cielesne jakiejkolwiek bądź osoby, to winni świadomego przekroczenia wskazanych zastrzeżeń lub przepisów podlegają karze pieniężnej do wysokości 10.000 dolarów lub karze więzienia do 10 lat lub obu tym karom łącznie.

nów, statków, przystani i bulwarów portowych i pouczanie pracowników tych instytucyj o wymaganiach przepisów Międzystanowej Komisji Handlowej;

9) badanie wszystkich pożarów i eksplozyj, zachodzących przy przewozie i magazynowaniu materjałów wybuchowych lub innych artykułów niebezpiecznych na terenach towarzystw przewozowych;

10) egzaminowanie odnośnych pracowników kolejowych celem sprawdzenia, czy są oni odpowiednio kwalifikowani do dozorowania prac, związanych z przewozami materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych;

11) inspekcja, badanie warunków i sprawdzanie rozlokowania wytwórni i magazynów materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych, zbiorników łatwozapalnych płynów, miejsc ich załadunku i wyładunku i t. p. ze stanowiska bezpieczeństwa podróżującej publiczności.

Raporty ze swych inspekcyj wyjazdowi inspektorzy przesyłają do kierowników ruchu na wszystkich linjach kolejowych, wchodzących w ich rejony — i do Głównego Inspektora Biura. Na żądanie członków Biura inspektorzy przeprowadzają również specjalne badania i inspekcje, nieprzewidziane normalnym programem.

Gdy przepisy przewozu materjałów niebezpiecznych zostały ogłoszone i wprowadzone w życie przez poszczególne Towarzystwa kolejowe, wytwórnie tych materjałów dostosowywały się do nowych przepisów początkowo bardzo niechętnie. Głównym powodem tej opozycji była obawa, że konkurencyjne wytwórnie, mające swe siedziby przy linjach kolejowych, przyjmujących do przewozu ładunki bez nowowprowadzonych, dość uciążliwych i kosztownych ograniczeń, mogą uniknąć kosztów starannego opakowania swych towarów i uzyskać przez to przewagę w walce konkurencyjnej. Wkrótce po otwarciu Biura w 1907 r. zwołano wobec tego konferencję z udziałem przedstawicieli wytwórni materjałów wybuchowych, szczegółowo i otwarcie omówiono z nimi sytuację i zapewniono sobie lojalną współpracę tych wytwórni z Biurem Materjałów Wybuchowych i Towarzystwami kolejowemi. Podobnie załatwiono w następstwie sprawę z wytwórniami innych niebezpiecznych artykułów, jak również z wytwórniami opakowania materjałów wybuchowych i niebezpiecznych.

W 1913 roku, jak wspomniano wyżej, wytwórnie te uprawnione

zostały do zapisywania się na członków Biura Materjałów Wybuchowych. Wiele wytwórni skorzystało z tego prawa, gdyż:

1) otrzymywały przez to możność przyjmowania czynnego udziału przy opracowywaniu uzupełnień do przepisów przewozu i warunków technicznych na opakowanie i mogły przytem wywierać wpływ w pożądanym dla siebie kierunku;
2) uprawniało ich to do otrzymywania wszelkich okólników, przepisów, biuletynów i rocznych sprawozdań Biura, zawierających szczegółowe opisy pożarów i eksplozyj, zachodzących na kolejach amerykańskich;
3) dawało im to możność korzystania z laboratorjum chemicznego i z usług biegłych chemików Biura i wreszcie
4) dawało wewnętrzne zadowolenie ze współpracy w zaszczytnej służbie publicznej.

Biuro ze swej strony z tej współpracy miało pożytek przedewszystkiem ten, że stowarzyszone firmy więcej dbały o należyte pouczenie swych pracowników i o przestrzeganie przez nich obowiązujących przepisów kolejowych.

Z rozrostem czynności Biura utworzono w nim wydział badania rozmaitych rodzajów opakowania materjałów niebezpiecznych i opracowywania warunków technicznych na nie. Do obowiązków wydziału tego należy: sprawdzanie, badanie i opinjowanie rozmaitych rodzajów opakowania, czy ze względów bezpieczeństwa nadają się one do użytku, i opracowywanie warunków technicznych na opakowanie materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych ze szczególnem uwzględnieniem bezpieczeństwa transportu.

Praca Biura Materjałów Wybuchowych kontrolowana jest przez Komitet, któremu Główny Inspektor składa okresowo raporty.

Podczas wojny światowej koleje amerykańskie oddały nadzwyczajne usługi swemu krajowi i całej koalicji, przewożąc sprawnie do miejsc przeznaczenia ogromne ilości takich niebezpiecznych produktów, jak materjały wybuchowe i amunicja, płyny i gazy trujące, benzyna, kwasy i t. p.

Amerykański program wojenny, ustalony w początkach 1918 roku, przewidywał wyprodukowanie w ciągu roku dla celów wojny około 2 miljardów funtów (około 900.000 tonn) materjałów wybuchowych i około 200 tonn dziennie płynów i gazów trujących (przy maksymalnej produkcji). W ostatnim okresie przed zawieszeniem

broni miesięczna produkcja materjałów wybuchowych wojennych przewyższała 80 miljonów funtów, czyli wynosiła dziennie około 70 ładunków wagonowych po 40.000 funtów (około 18 tonn) każdy. Materjały te przewożono do zakładów amunicyjnych, gdzie z jednego wagonu materjałów wybuchowych produkowano nie mniej niż 5 wagonów pocisków wybuchowych. Poza tem musiano również przewozić dość znaczne ilości materjałów wybuchowych, niezbędnych dla celów przemysłowych (kopalni i t. p.). Licząc, że każdy wagon był w drodze kilka (5 do 10) dni, i przyjmując pod uwagę tak ładunki pełnowagonowe jak i mniejsze od wagonowych, otrzymujemy, że koleje Stanów Zjednoczonych w okresie tym stale miały w drodze kilka tysięcy wagonów z materjałami wybuchowemi i amunicją [8]).

Przy tak wielkich transportach materjałów wybuchowych i amunicji było z niemi w 1918 roku na kolejach amerykańskich tylko 11 nieszczęśliwych wypadków, przyczem rannych zostało 4 osoby, zabitych — jedna, a straty materjalne wyniosły ogółem 33.233 dolarów. Z powyższych strat materjały wybuchowe wojenne obciąża tylko 1 zabity. Tak wyśmienity wynik otrzymano głównie dzięki ogólnemu stosowaniu przepisowego opakowania i przepisowych sposobów załadunku.

Sprawa transportów innych artykułów niebezpiecznych wypadła gorzej, a to z powodu stosunkowo wielkiej ilości nadawców tych artykułów w porównaniu z ilością nadawców materjałów wybuchowych i amunicji i na skutek małego zrozumienia, tak przez nadawców, jak i przez pracowników kolejowych, — konieczności ścisłego przestrzegania przepisów bezpieczeństwa, nakazanych przy przewozach tych artykułów.

Zawieszenie broni, podpisane w listopadzie 1918 roku, spowodowało raptowne wstrzymanie morskich transportów amunicji i materjałów wybuchowych. Na stacjach kolejowych, w miejscach załadunku statków, potworzyły się niebezpieczne skupienia wagonów z materjałami wybuchowemi. W Pigeons Point w pobliżu m. Wilmington w stanie Delaware zgromadziło się w pewnej chwili 228 wagonów o łącznej zawartości około 14.000.000 funtów materjałów wy-

---

[8]) Ppłk. Beverly W. Dunn ilość wagonów z materjałami wybuchowemi i amunicją, stale będących w drodze na kolejach amerykańskich w tym okresie, podaje na 50.000, obliczenie to jednak budzi poważne wątpliwości, gdyż wychodzi ono z następujących liczb: „...produkcja *miesięczna* materjałów wybuchowych przewyższała 80 miljonów funtów czyli wynosiła *dziennie* ponad 2.000 ładunków wagonowych po 40.000 funtów każdy" (!?) —p. Army Ordnance Nr. 53, s. 327.

buchowych. Pod wrażeniem wypadku, jaki zdarzył się w 1916 roku na wyspie Black Tom Island, władze miasta Wilmington i reprezentanci stanu Delaware w Kongresie Stanów Zjednoczonych wystąpili z żądaniem jaknajszybszego usunięcia niebezpieczeństwa. Inkryminowane materjały zdecydowano zatopić w morzu. Biuro Materjałów Wybuchowych otrzymało polecenie objąć nadzór nad usunięciem niebezpiecznego ładunku i zatopieniem go. Wypełnienie tego zadania wymagało kilku tygodni pracy i nastręczało w wykonaniu wiele trudności, nawet po wyładowaniu materjału z wagonów i załadowaniu go na barki. Tak naprz. pewnej burzliwej nocy załoga barek wbrew instrukcjom zaniedbała otwarcia wszystkich skrzynek z materjałami wybuchowemi przed wrzuceniem ich do wody. Choć zatopiono je w morzu w odległości 22 mil (35 km) od Sandy Hook, po kilku dniach takie nieotworzone skrzynki zaczęły w większych ilościach płynąć wzdłuż pobrzeża Long Island. Musiano je wyłapywać i unieszkodliwiać. Całość zadania przy czynnym udziale inspektorów Biura wykonano bez wypadku.

Przytoczona niżej tabela Nr. 1 wykazuje ilość wypadków z materjałami wybuchowemi i amunicją na kolejach amerykańskich i spowodowane przez te wypadki straty w okresie od 1907 roku, t. j. od uruchomienia Biura Materjałów Wybuchowych do roku 1928 włącznie. Tabela Nr. 2 daje za okres 5-letni zestawienie wypadków przy transportach kolejowych materjałów wybuchowych i amunicji porównawczo z ilością wypadków przy transportach pozostałych materjałów niebezpiecznych i benzyny w szczególności. Przyjmując za 100% straty, wywołane przez wszystkie wypadki z materjałami niebezpiecznemi w danym roku, podany jest tu również procent strat materjalnych, spowodowanych przez wypadki z artykułami każdej danej kategorji. Wobec tego, że bardzo znaczna część strat powstała skutkiem wykolejeń lub rozbicia pociągów, a więc z powodów, niezależnych od Biura Materjałów Wybuchowych, — osobno wykazany jest procent strat, spowodowanych przez materjały niebezpieczne, wywołanych jednak przez wykolejenia lub rozbicia pociągów.

Przy rozważaniu liczb, przytoczonych w tabelach Nr. 1 i Nr. 2, należy mieć na uwadze, że straty w każdym poszczególnym wypadku w bardzo wielkim stopniu zależą od ilości przewożonego materjału. Nienależyte obchodzenie się z pojedyńczym niebezpiecznym pakunkiem może spowodować jego pożar lub eksplozję. Jeżeli pakunek przewożony lub przechowywany jest osobno, to straty przy wy-

padku mogą być małe, jeżeli zaś ten sam pakunek stanowi część dużego ładunku materjału niebezpiecznego, to straty, powstałe z tego samego powodu, mogą być bardzo wielkie.

Z tabel Nr. 1 i Nr. 2 widzimy, że straty, powodowane przez wypadki przy przewozach materjałów wybuchowych, stale zmniejszają się i stanowią nieznaczny zaledwie ułamek strat, występujących przy przewozach materjałów niebezpiecznych wogóle. Dość znaczna ilość wypadków przy przewozach benzyny tłomaczy się obszerną produkcją i stale wzrastającem zużyciem tego artykułu w Stanach Zjednoczonych.

Szczegółowe omówienie amerykańskich przepisów przewozu kolejami materjałów niebezpiecznych w ramach jednego artykułu jest niemożliwe. Przepisy te łącznie z warunkami technicznemi na rozmaite rodzaje opakowania materjałów niebezpiecznych zajmują 350 stron druku, a z uzupełnieniami — 550 stron książkowego formatu. W przypuszczeniu, że czytelnikom niniejszego artykułu znane są polskie przepisy kolejowe przewozu materjałów niebezpiecznych, poniżej pozwalam sobie tylko na podkreślenie kilku zasadniczych punktów przepisów amerykańskich porównawczo z odnośnemi punktami przepisów polskich, przyczem korzystam z przepisów polskich z dnia 1 listopada 1928 roku [9]) i z przepisów amerykańskich z dnia 1 listopada 1927 roku [10]).

Punkty te są następujące:

1. Przepisy polskie zezwalają na przewóz materjałów wybuchowych i amunicji wyłącznie pociągami towarowemi, pociągami mieszanemi wolno je przewozić tylko na takich linjach, na których pociągi towarowe nie kursują (p. załącznik A, rozdz. I a. G § 1). Materjały mniej wrażliwe mogą być przewożone drobnicą, a więcej wrażliwe — tylko półwagonowo lub wagonowo.

Przepisy amerykańskie dopuszczają przewóz pociągami osobowemi (ekspresami) amunicji małokalibrowej, kapiszonów, zapłonników i niedetonujących zapalników, lontu detonującego trotylo-

[9]) p. Taryfa towarowa kolei żelaznych na obszarach Rzeczypospolitej Polskiej i wolnego miasta Gdańska, część I, ogłoszona w Dzienniku Taryf i zarządzeń kolejowych z r. 1928 Nr. 13, poz. 94.

[10]) p. Bureau of Explosives. Pamphlet Nr. 9. Interstate Commerce Commission Regulations for the Transportation of Explosives and ather Dangerous Articles by Freight and Express and as Baggage including Specifications for Schipping Containers. Effective January 1, 1923. With Supplements Nr.Nr. 8, 9, and 10 — effective November 1, 1927. Published by the Bureau of Explosives, 30 Vesey Street, New York.

TABELA № 1.

Statystyka pożarów i eksplozyj materjałów wybuchowych i amunicji na kolejach amerykańskich podczas przewozów lub na terenach kolejowych (podczas załadunku, wyładunku lub przechowywania w oczekiwaniu zabrania materjału przez odbiorców).

Rok kalendarzowy	Ilość wypadków	Ilość osób zabitych	Ilość osób rannych	Ustalone straty w dolarach
1907	79	52	80	496.820
1908	22	26	53	114.629
1909	12	6	7	2.673
1910	16	2	1	43.636
1911	10	1	5	34.761
1912	9	0	6	10.200
1913	11	0	4	22.048
1914	11	0	7	14.106
1915	11	0	6	127
1916	17	5	107	10.762.766
1917	5	0	1	9.590
1918	11	1	4	33.238
1919	10	2	2	53.220
1920	11	1	12	32.660
1921	19	3	22	232.439
1922	8	0	1	75
1923	16	6	32	79.890
1924	16	1	3	12.178
1925	28	0	0	13.410
1926	20	0	9	46.011
1927	4	0	0	45
1928	12	0	0	77

wego, pewnych wyrobów pirotechnicznych i przesyłanych do badania próbek materjałów wybuchowych. W pociągach towarowych wszystkie dopuszczone do przewozu materjały wybuchowe wolno przewozić wagonowo lub drobnicowo z tem, że przy więcej niebezpiecznych materjałach, jak proch dymny, spłonki detonujące w ilościach ponad 1000 sztuk, amunicja do dział, miotaczy i t. p. — na wagonie zewnątrz musi być plakat z napisem: „Materjały wybuchowe i t. d.“, przy materjałach mniej niebezpiecznych, jak amunicja

TABELA № 2.

Statystyka eksplozyj, pożarów i wypadków na kolejach amerykańskich przy transportach materjałów niebezpiecznych.

		Rok				
		1924	1925	1926	1927	1928
Przy przewozach mat. wyb. i amun.	Ilość wypadków . . .	16	28	20	4	12
	„ zabitych . . .	1	0	0	0	0
	„ rannych . . .	3	0	9	0	0
	Straty w dolarach . .	12.178	13.410	46.011	45	77
	„ w procentach .	1,61%	0,81%	4,19%	0,007%	0,009%
Przy przewozach innych art. niebezp.	Ilość wypadków . . .	1446	1725	1486	1439	1205
	„ zabitych . . .	11	13	1	5	14
	„ rannych . . .	119	51	22	34	107
	Straty w dolarach . .	746.088	1.606.052	1.052.189	632.934	816.888
	„ w procentach .	98,39%	99,19%	95,81%	99,993%	99,991%
Przy przewozach benzyny	Ilość wypadków . . ,	301	328	284	347	360
	„ zabitych . . .	9	10	1	5	9
	„ rannych . . .	16	15	5	13	5
	Straty w dolarach . .	641.671	636.778	649.033	372.912	709.821
	„ w procentach .	84,62%	38,84%	59,09%	58,99%	86,88%
Procent strat wywołanych przez wykolejenia i rozbicia pociągów		91,64%	42,39%	83,29%	92,93%	92,61%

działowa ślepa, prochy bezdymne, zwykłe fajerwerki i t. p. — plakat „Materjały łatwozapalne", a przy materjałach stosunkowo bezpiecznych, jak amunicja małokalibrowa, spłonki detonujące w ilościach do 1000 sztuk, zapalniki i zapłonniki działowe, plakat na wagonie nie jest wymagany.

2. Nowe materjały wybuchowe dopuszczane są w Polsce do przewozu kolejami na podstawie badań, zarządzanych przez Ministerstwo Handlu i Przemysłu, Min. Spr. Wojskowych lub Min. Komunikacji (zał. A, rozdz. I a, § 1).

W Stanach Zjednoczonych badania te skoncentrowane są w Biurze Materjałów Wybuchowych, co gwarantuje ich jednostajność.

3. Kontrola przez Ministerstwo Komunikacji zachowania miarodajnych własności materjału wybuchowego, dopuszczonego już do przewozu, jest wprawdzie w przepisach polskich zastrzeżona (zał. A, rozdz. I a § 4), w praktyce jednak wykonywana ona jest prawdopo-

dobnie bardzo rzadko wobec braku w Min. Komunikacji odpowiedniego fachowego organu.

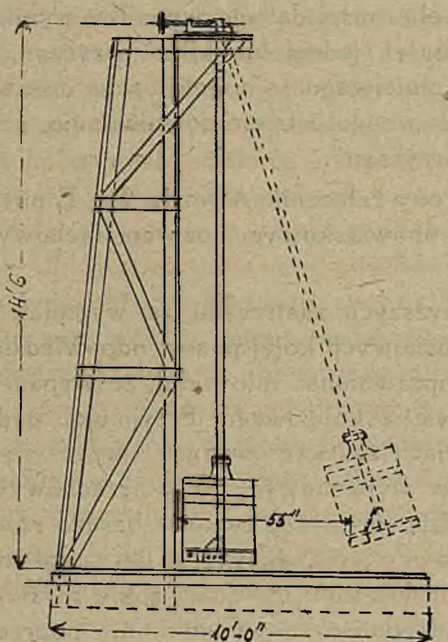
W Stanach Zjedn. dla kontroli tej, jak wskazano wyżej, Biuro Materjałów Wybuchowych posiada zespół specjalnych inspektorów wyjazdowych.

4. Przepisy polskie, narówni zresztą z przepisami niemieckiemi, angielskiemi i t. d., dość ogólnikowo omawiają sprawę opakowania poszczególnych rodzajów materjałów niebezpiecznych. Przepisy amerykańskie traktują tę kwestję bardzo obszernie. Podano w nich ponad 100 bardzo szczegółowych warunków technicznych na rozmaite rodzaje opakowania (skrzynki, beczki, kamionki, butle stalowe i t. p.) dla materjałów wybuchowych, wyrobów pirotechnicznych, płynów łatwozapalnych, gazów sprężonych i trujących i t. d., wykazując przy każdym materjale, jakim warunkom technicznym winno odpowiadać jego opakowanie. Prochy bezdymne działowe wolno więc przewozić w beczkach drewnianych, odpowiadających warunkom technicznym Nr. 10, lub w beczkach metalowych, odpowiadających warunkom technicznym Nr. 13. Prochy bezdymne działowe i małokalibrowe, zalane wodą, wolno przewozić w beczkach metalowych, odpowiadających warunkom technicznym Nr.Nr. 5, 5A, 5B, 20, 20A lub 20B lub w beczkach drewnianych, odpowiadających warunkom technicznym Nr. 9 lub Nr. 10. Opakowanie prochów bezdymnych drobnoziarnistych normalnych, nie zmoczonych wodą, musi odpowiadać warunkom technicznym Nr. 10 lub Nr. 13 lub Nr. 17A. Tym ostatnim warunkom (Nr. 17A) odpowiadają dobrze znane u nas skrzynki prochowe z blaszankami cynkowemi w środku.

Warunki techniczne na opakowanie opracowywane są przez Biuro Materjałów Wybuchowych na podstawie specjalnych prób na wytrzymałość i są do tego stopnia szczegółowe, że podają skład chemiczny metali, stosowanych do wyrobu opakowania, grubość każdej deski, ilość i wymiar gwoździ i t. p. Próby na wytrzymałość opakowania polegają na tem, że badaną beczkę lub skrzynkę, napełnioną do normalnego obciążenia piaskiem lub wodą, rzuca się z określonej wysokości na betonową podłogę oraz w specjalnym wahadłowym przyrządzie (p. rys. Nr. 2) puszcza się z pewnej odległości na płytę stalową, umocowaną w betonowej lub murowanej ścianie; poddaje się próbom na ciśnienie, hermetyczność i t. d.

5. Przepisy polskie nic nie wspominają o powtórnem użyciu i przewozach próżnego opakowania po materjałach wybuchowych.

Przepisy amerykańskie (§§ 24 i 25) omawiają tę sprawę dość szczegółowo. Próżne opakowanie po materjałach wybuchowych, zawierających ciekły składnik (jak dynamity i t. p.) nie dopuszcza się do przewozów kolejami. Skrzynek lub beczek po chloranach i materjałach wybuchowych chloranowych nie wolno jest stosować do opakowania jakiegokolwiek bądź innego materjału. Beczki i skrzynki po innych materjałach wybuchowych wolno jest stosować powtórnie do opakowania tych samych materjałów lub artykułów innych. W tym ostatnim wypadku dawne napisy muszą być dokładnie usunięte.



Rys. 2. Widok boczny.

6. Przepisy polskie całą odpowiedzialnością za załadunek i wyładunek materjałów wybuchowych, a częściowo nawet i za przewóz (gdyż przy ładunkach ponad 1 wagon nadawca musi dać swego eskortującego dozorcę) obciążają nadawcę lub odbiorcę. Wobec zastrzeżeń, poczynionych w § 28 pkt. 1e i pkt. 2 przepisów, odpowiedzialność kolei w razie wypadku sprowadzona jest prawie do zera. Punkty te głoszą: Pkt. 1e § 28:

„Kolej żelazna nie odpowiada za szkody, które wynikły z jednej lub kilku przyczyn następujących:

. . . .

. . . .

e) z niebezpieczeństwa, na jakie narażone są przesyłki z powodu, że nadano do przewozu przedmioty, wyłączone od przewozu, za nieprawidłową, niedokładną lub niedostateczną nazwę lub też że nadano przedmioty, przyjmowane do przewozu tylko warunkowo, pod nieprawidłową, niedokładną lub niedostateczną nazwą albo też bez zachowania przepisanych środków ostrożności".

Pkt. 2 § 28:

„Jeżeli z okoliczności danego wypadku wynika, że szkoda mogła nastąpić wskutek jednej lub kilku przyczyn, wymienionych w pkt. 1 paragrafu niniejszego, to dopóki osoba uprawniona nie dostarczy dowodu przeciwnego, istnieje domniemanie, że szkoda powstała z tych właśnie przyczyn".

Z drugiej strony załącznik A rozdz. I a. E pkt. (4) d — głosi, iż „ładowanie pod obowiązkowym dozorem fachowym należy do nadawcy".

Wobec powyższych zastrzeżeń za wypadek przy przewozie materjałów wybuchowych kolej ponosi odpowiedzialność tylko wtedy, gdy „osoba uprawniona" udowodni, że wypadek stał się z winy kolei lub pracownika kolejowego. Przyjmując pod uwagę, że przy najlepszych chęciach zainteresowanych przyczyny pożarów i eksplozyj materjałów wybuchowych przy przechowywaniu i transportach dokładnie dają się ustalić tylko w bardzo rzadkich wypadkach (bezpośredni sprawcy i świadkowie, o ile nawet nie giną, to często zeznają wykrętnie lub sami nie zdają sobie sprawy z przyczyn wypadku), odpowiedzialność za wypadki, nie poprzedzone wykolejeniem lub zderzeniem pociągów, spadać będzie najczęściej prawdopodobnie na siłę wyższą lub na nadawców i tylko wyjątkowo na kolej.

Koleje amerykańskie biorą na siebie większą odpowiedzialność. Przepisy Międzystanowej Komisji Handlowej podkreślają na wstępie, że pracownicy kolejowi winni obznajmić się z niemi dokładnie i wyszczególniają, jakie mianowicie paragrafy przepisów specjalnie ważne są dla poszczególnych kategoryj pracowników kolejowych. Obowiązek sprawdzenia, czy wagon, podstawiony dla załadowania w nim materjałów wybuchowych, jest w należytym stanie

i czy załadunek uskuteczniono zgodnie z przepisami kolejowemi, należy tu do wyznaczonego pracownika kolejowego. Wykonanie powyższego stwierdza on własnoręcznym podpisem na dwóch specjalnych zaświadczeniach, zwanych „certyfikatami wagonowemi". Nadawca podpisuje tylko drugi z tych certyfikatów — zaświadczenie sprawdzenia załadunku — i to tylko wtedy, jeżeli jest obecny przy załadunku.

Zastrzeżeń, ograniczających odpowiedzialność kolei za szkody przy przewozie, analogicznych z zastrzeżeniami, podanemi w § 28 taryfy kolejowej polskiej, w przepisach Międzystanowej Komisji Handlowej nie znalazłem.

7. Przytoczona wyżej ustawa amerykańska z dnia 4 marca 1921 r. w artykułach 235 i 236 wyszczególnia dokładnie, jakim karom podlegają tak nadawcy, jak i pracownicy Towarzystw przewozowych, przekraczający świadomie odnośne przepisy przewozu.

W przepisach kolejowych polskich § 7 pkt. 1 przestrzega nadawcę ogólnikowo, iż „jest on odpowiedzialny za ścisłość wskazań i oświadczeń, które wpisał do listu przewozowego, i ponosi wszelkie następstwa, wynikające ze wskazań i oświadczeń, niezgodnych z rzeczywistością, nieścisłych, niedostatecznych lub wpisanych w miejscu, nie przeznaczonem do tego rodzaju oświadczeń". Ostrzeżenie to dla przeciętnego nadawcy jest prawdopodobnie mało przekonywujące i nie koniecznie może odstraszyć go od nadania do przewozu materjału niebezpiecznego za fałszywą deklaracją. Wyraźne podanie następstw takiego czynu, jak to jest w przepisach amerykańskich, przypuszczam, byłoby więcej skuteczne.

8. Przepisy polskie na wagonach, załadowanych materjałami wybuchowemi lub amunicją, przewidują umieszczanie nalepek z napisem „Materjały wybuchowe". Na kolejach amerykańskich dla każdej klasy materjałów niebezpiecznych przewidziano nalepki odmiennych kolorów z odpowiedniemi napisami. Przy materjałach wybuchowych obowiązują nalepki białe 12 × 14 cali, drukowane dwoma kolorami. Napis dużemi czerwonemi literami głosi: „Materjały wybuchowe" — „Z ogniem zdaleka". Pozostałe napisy drukiem czarnym: „Obchodzić się ostrożnie. Kompanja kolejowa.... Stacja... dnia... 19... roku" i następujące przepisy obchodzenia się z wagonami, posiadającemi daną nalepkę:

„1. Wagonu tego nie należy przyczepiać do pociągów osobowych jak również o ile to możliwe, i do mieszanych.

2. Wagony, zawierające materjały wybuchowe, należy ustawiać w środku pociągu. Na żądanie można je ustawiać razem (jeden za drugim). Od parowozu powinno je oddzielać conajmniej 15 wagonów z materjałami bezpiecznemi, a od końca pociągu — 10, o ile pozwala na to ilość wagonów w pociągu.

3. Wagonu tego nie należy umieszczać blisko od wagonów z etykietą „Materjały łatwozapalne" lub „kwasy" i od wagonów-grzejników, a o ile możliwe, to i od wagonów-cystern, od platform i wagonów, załadowanych budulcem, żelazem, rurami i t. p. materjałami, które mogą spowodować załamanie się wagonu, i wreszcie od wagonów ze śladami uszkodzenia.

4. Hamulce powietrzny i ręczny w wagonie tym winny być zdatne do użytku.

5. Przy wekslowaniu między wagonem tym a parowozem powinien być, o ile możliwe, jeden wagon (próżny lub załadowany materjałem bezpiecznym). Wagonu z materjałami wybuchowemi nie wolno odłączać w biegu.

6. Przy wagonie tym należy unikać wszelkich uderzeń. Inne wagony należy dostawiać do niego ostrożnie.

7. Wagonu tego nie należy umieszczać w pobliżu ewentualnego źródła ognia.

8. O ile możliwe, nie należy pozwalać, aby na równoległym torze parowozy zatrzymywały się obok lub niedaleko od tego wagonu.

9. Po wyładowaniu materjałów wybuchowych lub w razie niezaładowania ich do tego wagonu — etykietę niniejszą należy usunąć".

Wiele jeszcze punktów w przepisach Międzystanowej Komisji Handlowej zasługiwałoby na omówienie, brak miejsca nie pozwala jednak na to. Wspomnę więc tylko jeszcze o przesyłkach wojskowych i o układzie przepisów.

Przesyłki materjałów wybuchowych i amunicji, nadawane do przewozu przez władze wojskowe, lądowe lub morskie, muszą być opakowane zgodnie z przepisami kolejowemi (§ 14). Zastrzeżenia, poczynione w przepisach przewozu materjałów wybuchowych i amunicji ekspresami, — podczas wojny lub w razie groźby wojny nie obowiązują przesyłek, nadawanych przez władze wojskowe, (§§ 21 i 22 przepisów przewozu materjałów niebezpiecznych ekspresami).

Całość przepisów Międzystanowej Komisji Handlowej, pomimo swej dużej objętości, jest przejrzysta. Orjentowanie się w nich jest bardzo łatwe dzięki dobremu układowi i szczegółowym indeksom

alfabetycznym i działowym. Przepisy wydane są w formie książki o wymiarach 10 × 20 cm, co pozwala na wygodne noszenie ich w kieszeni ubrania. Odnośne przepisy polskie, tak jak i niemieckie, wykazują pod tym względem mniejszą dbałość o wygodę klijenteli: wymiar ich — 22½ × 30 cm — jest niedogodny, indeksów brak.

Reasumując powyższe, należałoby życzyć, aby przy kolejnej rewizji przepisów kolejowych polskich przyjęto pod uwagę przepisy amerykańskiej Międzystanowej Komisji Handlowej. Przypuszczam, że pewne zasady i wiele szczegółów, podanych w tych przepisach, dałoby się z powodzeniem i z pożytkiem dla sprawy przejąć i wprowadzić do przepisów polskich. W szczególności pożądane byłoby rozważenie sprawy utworzenia albo dostosowania pewnej placówki, która miałaby za zadanie badać kwestje, związane z przewozami materjałów niebezpiecznych kolejami. Przedwcześnie może jest mówić o organizowaniu u nas do tego celu specjalnej instytucji w rodzaju amerykańskiego Biura Materjałów Wybuchowych, można jednak i należałoby utworzyć przynajmniej specjalny oddział przy kolejowem laboratorjum badawczem, jak to jest w Belgji, Danji, Szwecji i innych państwach, lub polecić te funkcje pracowni międzyministerjalnej lub jakiegoś innego Ministerstwa, jak to jest w Niemczech, gdzie urzędową instytucją badawczą w sprawach materjałów wybuchowych dla celów Ministerstwa Komunikacji jest Chemiczno-techniczny Zakład Państwowy (Chemisch-technische Reichsanstalt) [11].

Zanim przejdę do omawiania przepisów kolejowych innych krajów, poniżej przytaczam zaczerpniętą z przepisów Międzystanowej Komisji Handlowej tabelę, wykazującą, jakie materjały niebezpieczne wolno jest przechowywać i przewozić łącznie (p. tabelę Nr. 3). Tabelę tę z pewnemi błędami, na co zwracałem odrazu uwagę czytelników, podałem podług książki prof. A. W. Sapożnikowa w artykule swym „Przechowywanie materjałów wybuchowych i amunicji" [12]) — jako schemat, zasługujący na uwagę i należyte opracowanie. Znalazłszy obecnie pierwowzór omawianej tabeli, nie zawierający, co najgłówniejsze, omyłek, podaję go tu już nie jako schemat, interesujący ze względu na swój układ, a jako praktyczną wskazówkę dla personelu składnic i wytwórni amunicyjnych.

---

[11]) Organizacja i zakres czynności Chemiczno-technicznego Zakładu Państwowego w Niemczech podane były we Wiadomościach Techn.-Artyl. s. 867—868 (Nr. 7).

[12]) p. Wiad. Techn.-Art. str. 1170 (Nr. 9).

TABE

Klasyfikacja ładunków

Niniejsza tabela wykazuje, jakich materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych nie należy przechowywać lub przewozić razem.

Znak X na przecięciu kolumny poziomej i pionowej oznacza, że danych materjałów nie należy przechowywać lub przewozić łącznie, naprz. spłonek detonujących (kolumna d) nie należy łączyć z materjałami wybuchowemi kruszącemi (kolumna b) i t. d.

Grupa	Ładunek		a Prochy czarne.	b Materjały wybuchowe kruszące.	c Piorunian rtęci mokry.	d Spłonki detonujące z lontami lub bez jak również zapalniki det. elektryczne w ilościach ponad 1000 sztuk.
Materjały wybuchowe niebezpieczne.	Prochy czarne.	a			X	
	Materjały wybuchowe kruszące.	b			X	X
	Piorunian rtęci mokry.	c	X	X		X
	Spłonki detonujące z lontami lub bez jak również zapalniki deton. elektryczne w ilościach ponad 1000 sztuk.	d	•	X	X	
	Amunicja działowa z pociskami wybuchowemi, gazowemi, dymnemi lub zapalającemi.	e			X	X
	Pociski i bomby wybuchowe, gazowe, dymne lub zapalające, torpedy i miny, granaty ręczne i karabinowe.	f			X	X
	Zapalniki detonujące z wkrętkami detonującemi	g		X	X	
Mat. wyb. mniej niebezp.	Amunicja działowa bez pocisków lub z pociskami ślepemi i t. p.	1			X	
	Prochy bezdymne działowe i małokalibrowe.	2			X	
	Ognie sztuczne (zwykłe i specjalne).	3	X	X	X	X
Materjały wybuch. stosunkowo bezp.	Amunicja małokalibrowa.	4			X	
	Zapłonniki am. działowej i małokalibrowej; próżne łuski z zapłonnikami, próżne worki z podsypkami prochu czarnego.	5			X	
	Zapalniki uderzeniowe i smugowe.	6			X	
	Zapalniki czasowe i podwójnego działania.	7			X	
	Lonty detonujące i prochowe, zapłonniki elektryczne, knoty zapalające i t. p.	8			X	
Inne artykuły niebezpieczne.	Ciecze i gazy zgęszczone łatwozapalne — etykieta na wagonie czerwona.	9	X	X	X	X
	Ciała stałe łatwozapalne, materjały utleniające — etykieta żółta.	10	X	X	X	X
	Kwasy i ciecze żrące — etykieta biała.	11	X	X	X	X
	Gazy zgęszczone niełatwozap.—etykieta zielona.	12	X	X	X	X
	Ciecze i gazy trujące — etykieta specjalna.	13				

a) Spłonek detonujących w żadnej ilości nie należy przechowywać lub przeamunicją działową z pociskami wybuchowemi, gazowemi, dymnemi lub zapalającemi,

b) Kwasów nie należy załadowywać razem z materjałami utleniającemi i ciaciskami ślepemi i z prochami bezdymnemi, chyba że umieszcza się je w przeciw-

LA № 3.
niebezpiecznych.

Amunicja działowa z pociskami wybuchowemi, gazowemi, dymnemi lub zapalającemi.	Pociski i bomby wybuchowe, gazowe, dymne lub zapalające, torpedy, miny, granaty ręczne i karabinowe.	Zapalniki detonujące z wkrętkami detonującemi.	Amunicja działowa bez pocisków lub z pociskami ślepemi i t. p.	Prochy bezdymne działowe i małokalibrowe.	Ognie sztuczne (zwykłe i specjalne).	Amunicja małokalibrowa.	Zapłonniki am. działowej i małokal., próżne łuski z zapłonnikami, próżne worki z podsypkami prochu czarnego.	Zapalniki uderzeniowe i smugowe.	Zapalniki czasowe i podwójnego działania.	Lonty detonujące i prochowe, zapłonniki elektr., knoty zapalające i t. p.	Ciecze i gazy zgęszczone łatwozapalne — etykieta na wagonie czerwona.	Ciała stałe łatwozapalne, materjały utleniające — etykieta żółta.	Kwasy i ciecze żrące — etykieta biała.	Gazy zgęszczone niełatwozapalne — etykieta zielona.	Ciecze i gazy trujące — etykieta specjalna.
e	f	g	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					X						X	X	X	X	
		X			X						X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X				X						X	X	X	X	
		X			X						X	X	X	X	
		X			X						X	X	X	X	
X	X				X						X	X	X	X	
													b X		
													b X		
X	X	X													
X	X	X													
X	X	X											b X		
X	X	X	b X	b X								b X			
X	X	X													

wozić łącznie z materjałami wybuchowemi kruszącemi, mokrym piorunianem rtęci, torpedami, minami, granatami ręcznemi i karabinowemi.
łami łatwozapalnemi (etykieta żółta), amunicją działową bez pocisków lub z ponych końcach wagonu.

W Anglji w myśl artykułu 35 dekretu o materjałach wybuchowych (Explosives Act) z 1875 roku przewozy materjałów niebezpiecznych kolejami i statkami regulują specjalne przepisy, opracowywane podług wytycznych dekretu i zatwierdzane dawniej przez Ministra Komunikacji (Minister of Transport), a obecnie przez Komisję Handlową (Board of Trade). Obowiązujące w Anglji przepisy przewozu materjałów wybuchowych statkami handlowemi omówione będą szczegółowo w następnym rozdziale artykułu. Przepisów kolejowych angielskich nie posiadam. Są one jednak napewno oparte na tych samych zasadach i muszą być bardzo zbliżone do angielskich przepisów przewozu statkami, wobec czego szersze omawianie ich byłoby, przypuszczam, nawet zbędne.

Że sprawa przewozów materjałów niebezpiecznych w Anglji postawiona jest dobrze, dowodem może służyć statystyka nieszczęśliwych wypadków, prowadzona przez Królewskich Inspektorów Materjałów Wybuchowych. Statystyka ta wykazuje, że w okresie 20-letnim, od 1910 do 1929 roku włącznie, przy fabrykacji, przechowywaniu, przewozach i użyciu materjałów wybuchowych i amunicji, jak również na skutek manipulacji niepowołanych osób z temi materjałami było w Anglji 8.803 wypadki, przyczem zginęło 1254 osoby i rannych zostało 8.784 osoby. Z liczb tych przewozy obciąża tylko 13 wypadków, 1 zabity i 8 rannych [13]). (Porównywając powyższe liczby z liczbami wypadków i ofiar w Stanach Zjednoczonych, należy mieć na względzie, że ogólna długość linij kolejowych w Stanach Zjedn. jest 10-krotnie większa niż w Anglji i produkcja materjałów wybuchowych również wielokrotnie wyższa).

Przejdźmy zkolei do przepisów niemieckich. Niemieckie przepisy przewozu kolejami materjałów niebezpiecznych bardzo nieznacznie różnią się od odnośnych przepisów polskich (p. wyżej uwaga 9).

Różnica polega przedewszystkiem na tem, że przepisy polskie dzielą materjały wybuchowe, jak wiadomo, na 2 grupy; pierwsza grupa obejmuje materjały wybuchowe, dopuszczone do przewozu w ilościach dowolnych jako przesyłki zwyczajne, i druga — materjały wybuchowe, przewożone tylko wagonowo lub półwagonowo. Przepisy niemieckie przewidują jeszcze trzecią, pośrednią grupę materjałów

---

[13]) p. Annual Reports of His Majesty's Inspectors of Explosives. London, His Majesty's Stationery Office.

wybuchowych, dopuszczonych do przewozu jako przesyłki zwyczajne w ilościach do 200 kg, a przy ilościach większych przewożonych już wagonowo. W związku z tym podziałem napis na opakowaniu „Eksplözyw" względnie „Explosiv" przy przewozach w Polsce musi mieć obwódkę pojedyńczą lub podwójną, zależnie od tego, do której grupy dany materjał wybuchowy należy, a w Niemczech — obwódkę pojedyńczą, podwójną lub potrójną.

Inaczej niż w Polsce jest ponadto ujęta w przepisach niemieckich kwestja przewozów nitrozwiązków grupy 3-ej lub też 2-ej. Przepisy polskie nitrozwiązki grupy 2-ej, nierozpuszczalne w wodzie, zezwalają przewozić w stanie suchym lub mokrym; przepisy niemieckie — tylko w stanie mokrym, z zawartością wody minimum 25%. W ten sposób w Polsce wolno jest przewozić tetryl w stanie suchym, a w Niemczech — tylko z zawartością wody 25%, lub wyżej.

Poza tem przepisy niemieckie i polskie różnią się tylko pewnemi nazwami, głównie materjałów wybuchowych górniczych, znajdujących się w obiegu i dopuszczonych do przewozu w jednym kraju, a w drugim — nie.

Licząc, że polskie przepisy kolejowe dostępne są dla każdego czytelnika Przeglądu Artyleryjskiego i że obznajmienie się z niemi daje jednocześnie dość dobre pojęcie o odnośnych przepisach niemieckich, nie wdaję się w omawianie niemieckich przepisów przewozu jako takich, natomiast przytaczam zasady podziału materjałów niebezpiecznych na grupy i klasy i sposoby badania tych materjałów, przyjęte na kolejach niemieckich a ogłoszone przez Ministerstwo Komunikacji Rzeszy dnia 18 grudnia 1928 roku [14]).

Podług załącznika C niemieckich przepisów kolejowych jako zagrażające eksplozją uważa się takie materjały i wyroby, które zdolne są:

1. do raptownego rozkładu z wydzielaniem ciepła i gazów (materjały podatne do eksplozji),
2. do raptownego wydzielania gazów (gazy zgęszczone i skroplone) i
3. do wytwarzania w zetknięciu z wodą gazów zapalnych lub podtrzymujących palenie.

Podane w pkt. 1 materjały i wyroby, podatne do eksplozji, obejmują:

---

[14]) p. Beilage der Zeitschrift für das gesammte Schiess-und Sprengstoffwesen, Märzheft 1929.

I a — materjały wybuchowe,
I b — amunicję
i I c — zapałki, lonty prochowe, ognie sztuczne i t. p.

Do klasy Ia zalicza się tylko takie materjały, które na impulsy mechaniczne (tarcie i uderzenie) wrażliwsze są od dwunitrobenzolu albo też takie, które pod działaniem płomienia, bezpośredniem lub pośredniem, podlegają rozkładowi chemicznemu, połączonemu z podwyższeniem ciśnienia (dają wzbuch lub eksplozję).

Do klasy Ib i Ic zalicza się takie wyroby, które zawierają materjały wybuchowe w pewnej osłonie i w pewnym określonym układzie. W szczególności za amunicję (klasy Ib) uważa się tylko takie, zdolne do eksplozji, wyroby, które mają zastosowanie w wojsku lądowem lub marynarce, albo używane są dla celów policyjnych, komunikacyjnych, sportowych lub ratownictwa.

Wyroby, podpadające pod miano amunicji, produkowane są zwykle z uwzględnieniem ich przeznaczenia i użycia w ten sposób, że są bardzo stałe i mało wrażliwe. Z tego względu przepisy niniejsze nie podają sposobów badania amunicji. Sprawę badania wyrobów klasy Ic regulują specjalne rozporządzenia.

Materjały wybuchowe (klasy Ia) obejmują 4 kategorje materjałów:

A. mat. wyb. kruszące,
B. mat. wyb. miotające, zwane również materjałami strzelniczemi,
C. mat. wyb. inicjujące (pobudzające)
i D. inne materjały, zdolne do eksplozji.

Sposoby badania materjałów kategorji D zależą od rodzaju ich. Warunki przewozu tych materjałów kolejami ustalane są przez Ministerstwo Komunikacji w miarę potrzeby, od wypadku do wypadku.

Materjałów wybuchowych inicjujących (piorunianu rtęci, azotku ołowiu i t. p.), jako takich, w stanie luźnym przewozić nie wolno; muszą one być przerobione na miejscu na spłonki lub kapiszony i wtedy dopiero mogą być nadawane do przewozu, jako artykuły klasy Ib.

Materjały wybuchowe kruszące (kategorji A) dzielą się na jednorodne i złożone, składające się z kilku składników. Do materjałów jednorodnych należą: nitrozwiązki i ich mieszaniny, nitroceluloza, estry kwasu azotowego i wielowartościowych alkoholi (dwunitrochlorhydryna, czteronitropentaerytryt); do materjałów złożonych

— materjały wybuchowe amonowe, zwane również amono-saletrzanemi, materjały wybuchowe chloranowe i nadchloranowe, proch górniczy i saletra wybuchowa, dynamity i materjały wybuchowe o składzie zbliżonym do dynamitów.

Dla celów przewozowych powyższe materjały wybuchowe w uwzględnieniu ich właściwości podzielono na 3 grupy.

Do grupy pierwszej zalicza się materjały wybuchowe, które:

a) nie zapalają się od lontu prochowego,
b) w rozżarzonej miseczce żelaznej spalają się powoli bez wzbuchu,
c) w zamkniętej skrzynce w ogniu nie dają wzbuchu,
d) nie są wrażliwe na tarcie.

Do grupy drugiej zalicza się materjały, które:

a) od lontu prochowego z reguły nie zapalają się,
b) w rozpalonej miseczce żelaznej spalają się mniej gwałtownie niż proch czarny,
c) w zamkniętej skrzynce w ogniu nie eksplodują.

Należące do tej grupy materjały wybuchowe o składzie, zbliżonym do prochu czarnego, nie mogą być więcej niebezpieczne niż saletra wybuchowa 2 (poniżej).

Do grupy trzeciej wchodzą pozostałe, dopuszczone do przewozu materjały wybuchowe, wrażliwsze od materjałów grupy drugiej.

Materjały wybuchowe wszystkich trzech grup muszą:

a) wytrzymywać bez rozkładu 48-godzinne przechowywanie w temperaturze 75° C. i
b) nie wykazywać zwiększonej wrażliwości przy próbie zapalania, jak również na impulsy mechaniczne po przechowywaniu ich w wilgotnem i następnie w suchem pomieszczeniu.

Materjały wybuchowe, wrażliwsze na impulsy mechaniczne niż żelatyna wybuchowa i dynamit okrzemkowy, nie powinny być dopuszczane do przewozów kolejami.

Materjały wybuchowe klasyfikuje się do przewozów na podstawie wyników badań ich równolegle z odnośnemi materjałami porównawczemi. Jako materjały wybuchowe porównawcze służą:

dla nitrozwiązków grupy pierwszej — kwas pikrynowy,
dla nitrozwiązków grupy drugiej — czteronitrometyloanilina (tetryl),
dla materjałów wybuchowych amonowych (grupy pierwszej) — amonit I, składający się z:

saletry amonowej [15])	80%,
trójnitrotoluolu o p. topliwości 80° C.	12%,
mączki drzewnej	4%,
i nitrogliceryny	4%.

Dla materjałów wybuchowych chloranowych i nadchloranowych (grupy drugiej) — chloratyt 2, składający się z:

chloranu potasu [15])	80%,
dwunitrotoluolu	10%,
trójnitrotoluolu	5%,
mączki drzewnej	1%,
i oleju rycynowego	4%.

Dla dynamitów (grupy trzeciej) — dynamit okrzemkowy z zawartością 75% nitrogliceryny lub żelatyna wybuchowa z zawartością 93% nitrogliceryny;

dla prochu czarnego i materjałów wybuchowych o składzie, zbliżonym do prochu czarnego, grupy trzeciej — jak najdrobniejszy proch myśliwski, składający się z:

saletry potasowej	75%,
siarki	10%,
i węgla drzewnego kruszynowego	15%.

Dla tych gatunków saletry wybuchowej, które wyjątkowo przewożone są w ilościach nieograniczonych jako przesyłki zwyczajne, — saletra wybuchowa 2, składająca się z:

saletry sodowej	75%,
siarki	10%,
i węgla brunatnego	15%.

Badanie materjałów wybuchowych, nadawanych do przewozu, ma na celu przedewszystkiem ocenę ich ze stanowiska bezpieczeństwa, t. j. określenie stopnia wrażliwości ich na działanie pewnych czynników zewnętrznych, a więc określenie stałości, zapalności, szybkości palenia się i wrażliwości na impulsy mechaniczne. Ponadto niezbędne jest również sprawdzenie ich składu chemicznego i stanu fizycznego.

Badanie obejmuje przeto:

a) stwierdzenie składu chemicznego, stopnia rozdrobnienia

---

[15]) Składniki stałe przed mieszaniem należy przepuścić przez sito o oczkach 0,5 mm.

i ewentualnie gęstości materjału wybuchowego, o ile nadawany on jest do przewozu w nabojach, jak również sprawdzenie, czy składowe części materjału są należycie przemieszane;

b) sprawdzenie stałości fizycznej materjału wybuchowego przy pomocy próby trzęsienia (czy nie rozdzielają się przytem składowe części materjału), przez przechowywanie go naprzemian w wilgotnej i w suchej atmosferze, jak również przez przechowywanie przy 30° C. całych nabojów, o ile zawartość nitrogliceryny w materjale przewyższa 4% (czy nie zmienia się kształt nabojów i czy nie następuje wydzielanie się ciekłych składników);

c) sprawdzenie stałości chemicznej próbą cieplną przy 75° C.;

d) ustalenie temperatury rozkładu, zapłonienia i wzbuchu przez ogrzewanie małej próbki materjału w kąpieli z metalu Wooda;

e) określenie gwałtowności (szybkości) palenia się materjału — przez spalanie małych próbek w rozżarzonej do czerwoności miseczce żelaznej i przez próby spalania większych ilości materjału wybuchowego w zamkniętych żelaznych skrzynkach;

f) sprawdzenie zapalności badanego materjału od strumienia ognia z lontu prochowego i od małego płomienia gazowego;

g) stwierdzenie wrażliwości na impulsy mechaniczne, a mianowicie:

   1. na uderzenie przez spadający młot i
   2. na tarcie w porcelanowym niepolewanym moździerzu.

Do materjałów wybuchowych miotających (strzelniczych) należą:

1. prochy bezdymne, składające się ze zżelatynowanej nitrocelulozy z nitrogliceryną lub bez nitrogliceryny,

i 2. prochy czarne odpowiedniej granulacji i gęstości.

Prochy czarne bada się według wytycznych, podanych wyżej dla materjałów wybuchowych kruszących.

Prochy bezdymne zalicza się przy przewozach do grupy pierwszej, o ile:

wykazują one dostateczną stałość chemiczną, to znaczy, nie wydzielają brunatnych par przy badaniu w 132° C. próbki 3 g pro-

chu nitrocelulozowego w ciągu 1 godziny lub 1 g prochu nitroglicerynowego w ciągu ½ godziny;
temperatura ich zapłonienia lub wzbuchu nie przewyższa 160° C,
a zapalność i podatność do eksplozji nie jest większa niż nitrocelulozowego ografitowanego prochu S o wymiarach płytek 0,3 × 1,3 do 1,5 mm i o zawartości dwufenylaminy 0,5%.

Badanie winien przeprowadzić chemik, uznany przez Zarząd kolejowy, i wyniki stwierdzić własnoręcznym podpisem.

Podane przez Ministerstwo Komunikacji metody badania materjałów wybuchowych są zalecone, ale nie bezwzględnie nakazane.

Stwierdzone własności materjału wybuchowego winny być podane w przytoczonym wyżej w punktach *a* do *g* porządku, w formie wyraźnej, nie wzbudzającej wątpliwości.

Wyniki badań załączane są do podania, składanego do Ministerstwa Komunikacji o dopuszczenie materjału do przewozu kolejami, i w odpisie przesyłane do Chemiczno - technicznego Zakładu Państwowego (Chemisch - technische Reichsanstalt). Zakład ten jest urzędową instytucją badawczą materjałów wybuchowych, dopuszczanych do przewozu kolejami. W razie potrzeby Zakład żąda nadesłania próbki i bada dany materjał wybuchowy powtórnie.

Na prawidłowe pobranie próbek do badań należy kłaść jak największy nacisk. Próbka materjału wybuchowego, poddawana badaniom, musi być rzeczywiście przeciętna i należycie reprezentować dany materjał.

Zalecone przez Ministerstwo Komunikacji metody badania materjałów wybuchowych złożonych, składających się z kilku składników są następujące:

Próbkę materjału suszy się do stałego ciężaru w eksykatorze próżniowym nad chlorkiem wapnia i oznacza się w ten sposób zawartość w niej ciał lotnych. Materjały wybuchowe zżelatynowane przed suszeniem należy pociąć na plasterki.

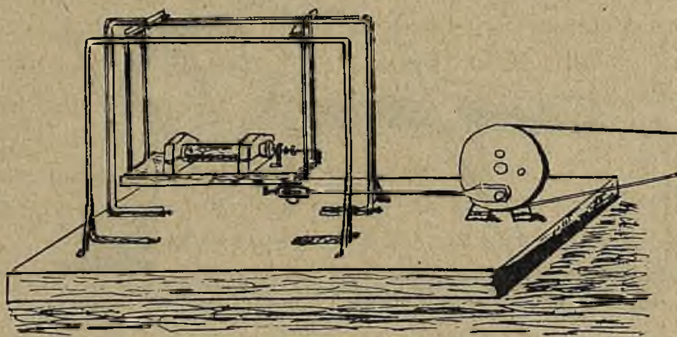
Następnie przez analizę chemiczną ustala się procentową zawartość składników w próbce. W uwadze podaje się ponadto, w jakim stosunku zmieszane były składniki przy przygotowywaniu materjału wybuchowego.

Stopień rozdrobnienia materjału można określić przesiewaniem go przez sita o oczkach rozmaitych wymiarów, a równomierność przemieszania składowych części — pomijając przy należytem pobraniu próbki analizę chemiczną — przeglądaniem materjału wybu-

chowego, rozpostartego cienką warstwą na arkuszu papieru lub umieszczonego pomiędzy płytami szklanemi.

Gęstość materjału wybuchowego oblicza się z wymiarów i ciężaru nabojów, stwierdzonych w laboratorjum.

Skłonność do rozdzielania się na składowe części sprawdza się przez próbę trzęsienia. W tym celu cylindryczne naczynie o średnicy 5 cm i długości 20 cm napełnia się badanym materjałem wybuchowym do $^3/_4$ jego pojemności i umocowuje się na desce, która przy pomocy drążka połączona jest mimośrodowo z kołem pasowem i robi na minutę 60 ruchów tam i z powrotem o przesuwie 10 cm (p. rys. 3). Połączenie drążka z deską przyrządu winno być uregulowane tak, (w tym celu drążek ma luz nastawniczy 20 mm), aby przy zmianie ruchu deski następowało pewne szarpnięcie, potrzebne dla wywołania wstrząsu badanego materjału.



Rys. 3. Skala 1:15.

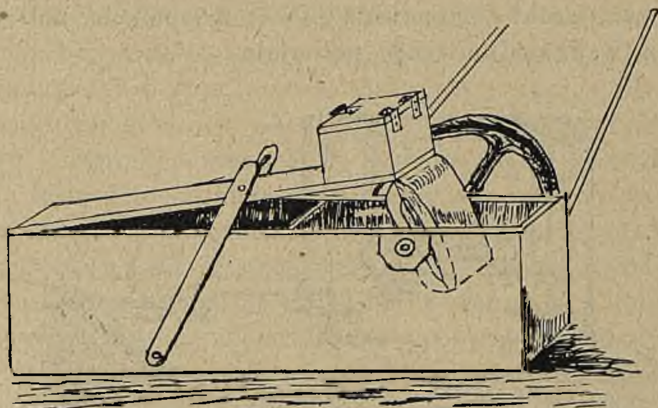
Po godzinnem trzęsieniu sprawdza się, czy składowe części materjału nie rozdzieliły się. W razie wątpliwości przeprowadza się próbę powtórną.

Próbę trzęsienia można również wykonać w ten sposób, że próbkę materjału wybuchowego, ułożoną szczelnie w skrzyneczce, trzęsie się w ciągu 1 godziny na specjalnym przyrządzie (p. rys. 4). W przyrządzie tym skrzyneczka podnoszona jest wgórę na wysokość 10 cm i opada nadół wraz z ruchomą częścią przyrządu wagi 8 kg. Przyrząd winien dawać 60 uderzeń na minutę.

W wilgotnem powietrzu może występować pewne rozdzielenie się składowych części materjału wybuchowego, wskutek wykrystalizowania rozpuszczalnych w wodzie składników. Rozdzielenie to

może ze swej strony spowodować zmianę wrażliwości materjału wybuchowego na impulsy mechaniczne. Próbki materjałów wybuchowych chloranowych i nadchloranowych przechowuje się wobec tego w wilgotnem powietrzu (w kloszu nad wodą), a następnie w suchem powietrzu, po dobie naprzemian. Po 6-dniowem przechowywaniu w ten sposób sprawdza się, czy wygląd zewnętrzny materjału nie uległ zmianie i bada się zapalność próbek, jak również wrażliwość ich na impulsy mechaniczne.

Przy materjałach wybuchowych o zawartości nitrogliceryny ponad 4%, całe naboje przechowuje się w ciągu 5 dni przy 30° C., poczem bada się, czy nie nastąpiło wypacanie się nitrogliceryny lub jakiekolwiek inne zmiany w materjale.



Rys. 4. Skala 1:15.

Stałość chemiczną materjału wybuchowego sprawdza się przez 2-dniowe nieprzerywane przechowywanie w 75° C. dwóch próbek po 10 g (w zamkniętych szklanych naczyńkach wagowych średnicy 3 cm i wysokości 5 cm) i przez stwierdzenie zmian, jakie przytem zachodzą w materjale wybuchowym, a w szczególności przez sprawdzenie, czy nie nastąpiło wydzielenie się kwaśnych gazów. W dwóch drugich próbkach, przechowywanych w tejże temperaturze w otwartych naczyńkach, ustala się stratę wagi po pierwszym i po drugim dniu.

Temperaturę zapłonienia [16]) oznacza się przez ogrzewanie małych próbek materjału wybuchowego (0,1 g przy dynamitach i innych materjałach wybuchowych, przy ogrzewaniu gwałtownie eksplodujących; przy pozostałych materjałach wybuchowych — 0,5 g), w pro-

---

[16]) p. Zeitschrift für angew. Chemie 1923 r. s. 402.

bówkach, umieszczonych w roztopionym metalu Wooda [17]). Probówki wstawia się w kąpiel przy 100° C. i ogrzewa w niej najwyżej do 360° C. w ten sposób, aby temperatura wzrastała z szybkością 20° na minutę. Probówki do tej próby powinny mieć następujące wymiary:

średnica wewnętrzna	15 mm
długość	125 mm
grubość ścianek	0,5 mm

Głębokość zanurzenia probówek w metal Wooda — 20 mm. Oznaczenie robi się w 3 próbkach badanego materjału.

W celu ustalenia zapalności materjału wybuchowego od płomienia lontu prochowego, walcową tutkę papierową średnicy 20 mm i długości 60 mm napełnia się badanym materjałem do połowy, poczem powierzchnię materjału wystawia się na działanie płomienia lontu prochowego. Bada się w ten sposób 5 próbek i odnotowuje, jak zachowuje się materjał przy tej próbie. (Działanie płomienia lontu na materjał wybuchowy jest dłuższe, jeżeli koniec lontu ściąć ukośnie lub zagiąć i w zagięciu zrobić nacięcie tak, aby strumień ognia z nacięcia trafiał na materjał wybuchowy. W danym wypadku taka obostrzona próba nie jest wymagana).

Druga próba zapalności polega na tem, że około 5 cm³ badanego materjału wybuchowego nasypuje się luźno na płytkę kamienną i w ciągu 10 sekund poddaje się działaniu ostrza płomienia gazowego (płomień długości 10 mm i szerokości 5 mm). Obserwuje się i odnotowuje, czy próbka zapala się przytem, czy w razie zapalenia ogień rozszerza się dalej i czy materjał wybuchowy spala się całkowicie, czy częściowo.

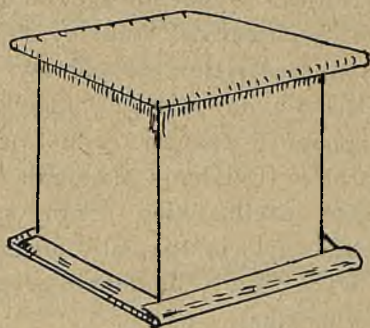
Szybkość i gwałtowność palenia się materjału wybuchowego określa się w rozżarzonej do czerwoności miseczce z blachy żelaznej. Z początku wrzuca się do miseczki mniejsze ilości materjału wybuchowego — ½, 1, 3 g — i, o ile nie występują eksplozje, dochodzi się do 5 g, obserwując, czy badany materjał zapala się natychmiast, jak długo pali się i czy gwałtowność palenia wzmaga się z podwyższeniem ilości materjału. Miseczka, stosowana przy tej próbie, średnicy 120 mm, z blachy żelaznej grubości 1 mm, ma kształt półkulisty. Miseczkę tę po każdej próbie należy gruntownie oczyścić i po pewnym czasie zastąpić przez nową. Aby jednak wyniki,

---

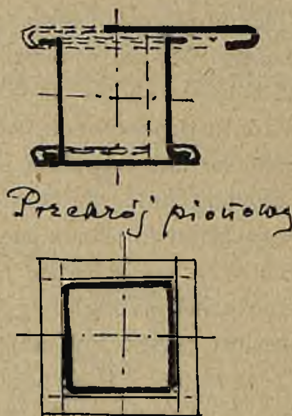
[17]) p. Lunge-Berl. Chem.-Techn. Untersuchungsmethoden. 7 Aufl. Bd. 2, s. 1263.

otrzymane w nowej miseczce, były rozstrzygające, należy ją wypróbować uprzednio z materjałem wybuchowym porównawczym i stosować dopiero po otrzymaniu wyników, zgodnych z wynikami poprzedniemi.

Uzupełnieniem powyższej próby służy próba spalania większej ilości badanego materjału wybuchowego w zamkniętej sześciennej skrzyneczce o boku 8 × 8 cm. Skrzyneczkę (p. rys. 5) przygotowuje



Widok zewnętrzny. Skala 1:3.



Przekrój poziomy. Skala 1:5.

Rys. 5.

się z blachy żelaznej grubości 1 mm, wyżarzonej na miękko, i po napełnieniu materjałem wybuchowym zamyka się ją możliwie szczelnie przez zakrawędzenie brzegów pokrywy.

Materjały wybuchowe, wrażliwe na tarcie, przed zamknięciem skrzyneczki przykrywa się zwierzchu arkuszem papieru, w celu zabezpieczenia się od wchodzenia materjału wybuchowego w spojenia i zaciskania go tam przy zakrawędzaniu brzegów. Skrzyneczkę zapełnia się materjałem wybuchowym całkowicie i w ten sposób, aby gęstość materjału była, o ile możliwe, taka sama jak w gotowych nabojach.

W ogień wstawia się skrzynkę z zachowaniem ostrożności (po kilkakrotnem owinięciu jej w papier pakowy lub t. p.) tak, aby materjał wybuchowy zapalił się nie natychmiast, i obserwuje się, czy następuje eksplozja lub wzbuchy, jak długo trwa palenie się, jakie zjawiska przytem występują i jakim odkształceniom ulega skrzyneczka. Z danego materjału bada się w ten sposób 2 próbki.

Wrażliwość materjału wybuchowego na uderzenie bada się w specjalnym przyrządzie (kafarze) swobodnie spadającym z danej wysokości młotem o określonym ciężarze [18]). Przy każdej danej wysokości spadku bada się materjał wybuchowy 6-krotnie młotem 2 kg i 6-krotnie młotem 10 kg. Wyniki każdego uderzenia kwalifikuje się jako „działanie żadne", „rozkład bez wyraźnego trzasku" lub „eksplozja".

W celu otrzymania miarodajnych wyników materjał wybuchowy do każdej próby należy odmierzać miarką drewnianą pojemności 0,05 cm^3, umieszczać go na równej i gładkiej podstawce o powierzchni 0,5 cm^2 i przykrywać stemplem o tejże powierzchni, łącząc podstawkę i stempel dobrze dopasowanym pierścieniem, zabezpieczającym od usuwania się materjału wybuchowego na boki. Każdą próbkę wolno uderzać tylko jeden raz. Podstawkę, stempel i pierścień po każdem uderzeniu należy gruntownie oczyścić od przylegających resztek materjału wybuchowego.

Próbę wrażliwości na tarcie uskutecznia się w porcelanowym niepolewanym moździerzu o średnicy wewnętrznej 10 cm i wysokości 6 cm. Próbkę materjału wybuchowego w ilości 0,02 do 0,03 cm^3 umieszcza się w moździerzu i mocno pociera się niepolewanym tłuczkiem porcelanowym, notując, z jaką regularnością (za każdym razem — często — czy tylko w pojedyńczych wypadkach) zachodzi przytem reakcja. Moździerz i tłuczek do próby powinny być o szorstkiej powierzchni i należy je często zmieniać [19]).

Przy nitrozwiązkach podaje się ich wzór empiryczny i wzór budowy i określa się punkt topliwości. Ponadto bada się je na rozpuszczalność w wodzie i skłonność do tworzenia soli.

W celu określenia rozpuszczalności w wodzie, 1-gramowe próbki sproszkowanego nitrozwiązku zadaje się do 100 cm^3 wody o temperaturze 15^0 względnie 100^0, rozczyn odsącza, pozostałość po wysuszeniu waży, oblicza się ilość rozpuszczonego nitrozwiązku i podaje się ją w procentach.

Przesącz sprawdza się na reakcję przy pomocy papierka lak-

---

[18]) Opis przyrządu i użycie jego p. Zeitschrift für das gesammte Schiess-und Spregstoffwesen r. 1906, s. 289 i r. 1909, s. 263, jak również Lunge-Berl. Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 7 Aufl. Bd. 2, s. 1274.

[19]) Próba ta jest dość prymitywna. W Stanach Zjedn. do oznaczania wrażliwości materjału wybuchowego na tarcie w użyciu jest specjalny przyrząd, wprawdzie dość duży i stosunkowo kosztowny, ale dający zato o wiele więcej decydujące wyniki. Fotografja przyrządu tego podana była w Wiadomościach Techn. Artyl. Nr. 7, s. 859.

musowego (w celu usunięcia żółtego zabarwienia papierek po wyjęciu z rozczynu spłókuje się wodą).

Skłonność nitrozwiązku do tworzenia soli bada się w ten sposób, że odtłuszczoną płytkę ołowianą umieszcza się w stale wilgotnym, aż do konsystencji papki, nitrozwiązku i sprawdza się w ciągu 6 dni, czy metal nie ulega nadgryzaniu i czy nie tworzą się na nim naloty, które po wysuszeniu spalają się gwałtowniej lub wrażliwsze są na impulsy mechaniczne niż badany nitrozwiązek.

Przy nitrozwiązkach, posiadających własności kwasowe, przygotowuje się ich sole ołowiane i bada się te sole podług powyższych wytycznych [20]).

Poza tem badane nitrozwiązki poddaje się próbom podług pkt. c, d, e, f i g wyżej przytoczonego schematu badań.

Przy estrach kwasu azotowego i wielowartościowych alkoholi podaje się ich wzór empiryczny i wzór budowy i, o ile możliwe, określa się punkty ich topliwości i wrzenia. Stopień czystości produktu należy jak najdokładniej ustalić. Poza tem bada się te produkty podług pkt. c, d, e, f i g schematu badań.

Przy nitrocelulozie podaje się, czy jest ona prasowana czy nie, i oznacza się w niej zawartość azotu. Zawartość w nitrocelulozie części lotnych ustala się przez suszenie przy 50° do 60°C próbki conajmniej 10-gramowej. Stałość chemiczną sprawdza się przez ogrzewanie w rurkach 1-gramowych próbek wysuszonej nitrocelulozy w ten sposób, jak to się zwykle czyni przy próbie Bergmanna-Junka [21]). Rurki stosuje się bez nasady, a tylko lekko zakorkowane. Stałość uważa się za dostateczną, jeżeli w 132°C w ciągu ½ godziny nie następuje odszczepianie się z nitrocelulozy tlenków azotu. W razie wątpliwości przeprowadza się przy tychże warunkach próbę w 100°C i obserwuje, po ilu godzinach występują tlenki azotu. Temperaturę zapłonienia nitrocelulozy oznacza się w próbkach 0,1 g, umieszczonych w probówkach. Probówki wstawia się do kąpieli olejowej [22]) i podnosi się temperaturę jej o 5° co minutę. Wymiary probówek do tego badania powinny być następujące:

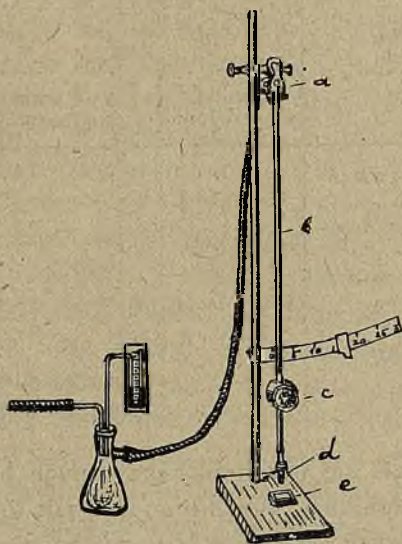
średnica wewnętrzna.	15	mm;
długość	125	mm;
grubość ścianek	0,5	mm;
głębokość zanurzenia	40	mm.

[20]) p. również Zeitschrift f. d. g. Schiess-und Spregstoffwesen r. 1911, s. 7 i 9.
[21]) p. Zeitschrift für angew. Chemie r. 1904, s. 982.
[22]) p. Lunge-Berl. Chem. techn. Untersuchungsmethoden Bd. 3, s. 120.

Poza tem nitrocelulozę w tym stanie, w jakim ją otrzymano, poddaje się próbom podług pkt. e, f i g schematu badań.

Przy prochach bezdymnych podaje się kształt i wymiary ziarn i skład chemiczny prochu. Stałość chemiczną i temperaturę zapłonienia prochu bada się w ten sam sposób jak przy nitrocelulozie.

Zapalność prochu oznacza się przy pomocy specjalnego przyrządu — wahadła płomiennego (p. rys. 6). Przyrząd ten składa się z metalowej rurki (b) o ściankach grubości 1,8 mm, długości 60 cm i zewnętrznej średnicy 1,3 cm z Bunsenowskim palnikiem (d) na końcu. Rurka (b), zaopatrzona w przesuwalny 500-gramowy ciężarek (c), zawieszona jest w ten sposób, że obraca się łatwo około osi (a).



Rys. 6.

Pod rurką w odległości 1,5 cm od ostrza palnika przy normalnem (pionowem) zawieszeniu rurki znajduje się żelazna ramka (e) o wewnętrznych wymiarach 0,5 $\times$ 2,5 $\times$ 5 cm, którą napełnia się badanym prochem. Regulując ciśnienie gazu, ustawia się płomień palnika, o ile możliwie, tak, aby długość jego wynosiła 30 mm i średnica 3 mm. Zapalność badanego prochu ustala się w ten sposób, że wahadło przyrządu odchyla się na pewien określony kąt i puszcza, obserwując, przy którem wahnięciu proch w ramce zapala się. Zmieniając kąty odchylenia, powtarza się próbę dotąd, aż przy pewnym kącie zapalenie następuje przy jednem pełnem wahnięciu się waha-

dła tam i z powrotem. Długość płomienia przyrządu kontroluje się przed każdą poszczególną próbą. Warstwa prochu, nasypanego do ramki żelaznej, wyrównywa się przy pomocy łopatki. W tabeli Nr. 4 podane jest zestawienie wyników próby zapalności 6-ciu rozmaitych prochów. Wyniki te otrzymano przy płomieniu długości 30 mm i średnicy 3 mm przy odległości ciężarka (e) od osi wahadła (a) — 55 cm.

TABELA № 4.

Zestawienie wyników próby na zapalność prochów.

Liczba porz.	Gatunek prochu	Ilość wahnięć, potrzebna do zapalenia prochu przy odchyleniu wahadła.					
		18^0		12^0		6^0	
		Wyniki poszczególne	Przeciętnie	Wyniki poszczególne	Przeciętnie	Wyniki poszczególne	Przeciętnie
1.	Proch ćwiczebny gwiazdkowy	1—½—1—1	1	—	—	—	—
2.	Proch rurkowy (Nudelpulver)	1—1—2—1	1	—	—	—	—
3.	Proch płytkowy myśliwski	8—9—7—6½	7½	1—2—1—1	1	—	—
4.	Proch karabinowy S . .	—	—	—	—	2—1—1½—1	1½
5.	Proch kostkowy (W. P.) 4 × 4 × 1	—	—	4—5½—6—5½	5½	1½—1½—1—1	1
6.	Proch czarny	—	—	8—8½—9—8½	8½	½—1—½—1	1

Szybkość palenia się prochów bezdymnych bada się nie w żelaznej miseczce, rozpalonej do czerwoności, jak to się robi przy materjałach wybuchowych kruszących i prochach czarnych, a przez spalanie prochu w wyłożonej azbestowym papierem żelaznej rynience długości 50 cm średnicy 15 mm i głębokości 6 mm. W sprawozdaniu podaje się czas spalania rynienki prochu w sekundach i szybkość palenia się w metrach na sekundę.

W celu ustalenia podatności prochu do detonacji przygotowuje się z badanego prochu bez specjalnego sprasowywania naboje średnicy 35 mm w tutkach z papieru, używanego zwykle przy wyrobie nabojów wybuchowych górniczych. Dwa takie naboje kładzie się jeden za drugim na płycie ołowianej i bada się, jaka spłonka nie doprowadza już tych nabojów do eksplozji. W prochu S spłonka o ładunku wyższym od 1 g masy pobudzającej wywołuje tylko częściową eksplozję, nie przenoszącą się na drugi nabój. Prochy ćwiczebne

i myśliwskie eksplodują mniej lub więcej całkowicie już od spłonki 0,6 do 0,8-gramowej.

Wszystkie badania w miarę możności należy wykonywać z prochami w ich normalnej postaci; w razie konieczności należy raczej łamać proch na kawałki, ale nie mleć go.

Materjały wybuchowe inicjujące, stosowane do wyrobu spłonek, kapiszonów i innych zapałów, winny wytrzymywać bez znaczniejszych zmian chemicznych lub fizycznych 4-tygodniowe przechowywanie przy 50°C. Pod wpływem wilgoci, zarówno samej jak i w obecności kwasu węglowego, nie powinny one ulegać przemianom ani w swej masie ani w miejscach styczności z materjałem otoczki. Temperatura zapłonienia i wzbuchu tych materjałów, określona w kąpieli z metalu Wooda, winna być nie niższa od 150°C.

Poza omówionemi wyżej, stosowanemi w technice materjałami wybuchowemi kruszącemi, miotającemi i inicjującemi pod pojęcie „materjały wybuchowe" podpada właściwie jeszcze cały szereg związków chemicznych, zawierających dzięki swej budowie zapas energji potencjalnej, która pod wpływem podwyższonej temperatury lub impulsów mechanicznych (tarcia lub uderzenia), a szczególnie pod działaniem specjalnych środków pobudzenia (pod wpływem eksplozji odpowiednio silnej spłonki lub ładunku materjału wybuchowego kruszącego) może zwolnić się raptownie z wydzieleniem gazów o wysokiem ciśnieniu i wywrzeć niszczące (wybuchowe) działanie na otaczające przedmioty. Przemysł chemiczny wytwarza, przechowuje i transportuje wielkie ilości takich produktów, podatnych do mniej lub więcej gwałtownego rozkładu. Należą tu saletra amonowa, chloran potasu, nitrozwiązki, nadtlenki, związki cyanowe i t. d. Produkty tego rodzaju według przepisów kolejowych poddaje się specjalnym badaniom tylko w tych wypadkach, gdy na impulsy mechaniczne są one wrażliwsze od dwunitrobenzolu lub gdy pod działaniem płomienia, bezpośredniem lub pośredniem, rozkładają się ze wzbuchem lub eksplozją.

W tabeli Nr. 5 podane jest zestawienie wyników porównawczego badania czteronitropentaerytrytu produkcji firmy Troisdorf, tetrylu i dwunitrobenzolu. Badania te przeprowadzone były w Chemiczno-technicznym Zakładzie Państwowym w Berlinie. Na podstawie otrzymanych wyników Zakład ten zaproponował dopuścić do przewozu czteronitropentaerytryt z 30% wody na warunkach takich, jak przewozi się tetryl (z 25% wody) [23].

---

[23]) p. Jahresbericht VI der chemisch-technischen Reichsanstalt z 1927 r., s. 78—79.

TABELA № 5.

Własności wybuchowe czteronitropentaerytrytu, tetrylu i dwunitrobenzolu, określone w Reichsanstalt według przepisów kolejowych niemieckich.

Nr. porządkowy	Materjał wybuchowy	Zachowanie się pod wpływem płomienia, bezpośrednim lub pośrednim, a mianowicie: pod wpływem iskry (Cereisen)	pod wpł. palącego się lontu proch.	pod wpł. płom. gaz. długości 1 cm.	pod wpływem rozpalonego do czerwoności pręta żelaznego średnicy 5 mm.	przy rzucaniu na żelazną rozżarzoną miseczkę 5 g. mat. wybuchowego	przy ogrz. małej próbki: w kąpieli z metalu Wooda (0,2 g)	przy ogrz. małej próbki: w szklanej rurce zamkniętej z jednej strony	przy próbie palenia w skrzyneczce 8 × 8 × 8 cm. z blachy żelaznej grubości 1 mm.	Zachowanie się przy detonacji spłonki Nr. 8: w bloku ołowianym — wybrzuszenie w cm³.	w rurze żelaznej średnicy 50 mm. o ściankach grub. 3 mm.
1.	Czteronitropentaerytryt o p. topl. 138—140° C.	Nie zapala się	Topi się, zap. się trudno.	Nie zapala się	Stapia się, zapala się trudno. W małych ilościach spala się spokojnie	Zapala się natychmiast i spala się w ciągu 2—3 sekund.	Przy 170° wydzielają się tlenki azotu. Przy 202°—205° spala się ze wzbuchem	Rozkład, połączony z wydzielaniem piany.	Po 1½ minucie detonuje. Skrzynkę rozrywa na kawałki.	500, 500 } 500	—
2.	Dtto z 30% wody	Nie zapala się	5 razy nie zapala się	Nie zapala się	Stapia się. Zapala się trudno i gaśnie	Topi się i spala małym płomieniem w ciągu 25—30 sek.	Przy 170° wydzielają się tlenki azotu. Przy 196°—200° spala się ze wzbuchem	Dtto	Spala się spokojnie. Po 10 minutach zawartość skrzynki wypala się zupełnie. Skrzynka pozostaje nieuszkodzona. Przy powtórnej próbie — to samo.	125, 170 } 150	Eksplozja. Rura rozbita.
3.	Telryl z 30% wody	Nie zapala się	5 razy nie zapala się	Nie zapala się	Rozkład bez płomienia, następnie zapala się.	Spala się dużym płomieniem w ciągu 13—14 sekund.	Przy 170° — tlenki azotu. Przy 192°—195° wzbuch.	Dtto	Po 3 min. zapala się, pali się silnie i po 4 min. wzbucha. Większość mat. wybuch. wyrzuca. Pokrywę skrzynki zrywa. Przy powtórnej próbie — to samo.	280, 310 } 295	Dtto
4.	Dwunitrobenzol	Nie zapala się	5 razy nie zapala się	Nie zapala się	Topi się i paruje.	Spala się w 18—20 sek.	Nie zapala się przy 360°.	Topi się i wyparowuje.	Spala się spokojnie w 2—3 minuty.	250	Dtto

Na impulsy mechaniczne — tarcie i uderzenie — czteronitropentaerytryt jest wrażliwszy, niż tetryl: z 30% wody od uderzenia młota 10 kg eksploduje on przy spadku z wysokości 16 cm, a młota 20 kg — z wysokości 10 cm.

Przed dopuszczeniem do przewozu korków wybuchowych (do straszaków), kapiszonów papierowych (do dziecinnych pistoletów) i t. p. wyrobów, których zapalna masa składa się najczęściej z fosforu i chloranu potasu lub zawiera piorunian rtęci i eksploduje od uderzenia iglicy mechanizmu uderzeniowego, wymagane jest dokładne wyjaśnienie składu masy, szczegółowy opis danego wyrobu i jego opakowania, sprawdzenie wytrzymałości na trzęsienie i t. d. Ponadto wyroby te, opakowane w skrzynkach, w których mają być przewożone, bada się na wrażliwość:

1. przez rzucanie ich z pewnej wysokości na granitową płytę,
2. przez rzucanie na skrzynki ciężarów 25 kg i 50 kg,
3. przez detonację spłonki Nr. 8 wewnątrz skrzyni z badanemi wyrobami (sprawdza się, czy detonacja przenosi się na dalsze warstwy wyrobów) i
4. przez spalanie wewnątrz skrzyni ładunku termitowego.

Na tem kończę omawianie przepisów kolejowych niemieckich i po krótkiej wzmiance o przepisach międzynarodowych przechodzę do przepisów rosyjskich.

Wobec różnic, jakie istnieją w odnośnych przepisach rozmaitych krajów, i trudności, nastręczających się z tego tytułu przy przewozie materjałów wybuchowych i innych artykułów niebezpiecznych z jednego kraju do drugiego, Ministerstwa Komunikacji Państw Zachodniej i Środkowej Europy od kilku lat pertraktują w sprawie odpowiedniego uzupełnienia postanowień konwencji międzynarodowej z dnia 23 października 1924 roku [24]). W sprawie tej odbyły się w 1930 r. dwa międzynarodowe zjazdy kolejowe: we Frankfurcie nad Menem i we Florencji przy udziale przedstawicieli Austrji, Belgji, Czechosłowacji, Danji, Francji, Italji, Jugosławji, Niemiec, Polski, Szwajcarji, Szwecji i Węgier. Pertraktacje te mają na celu rozszerzenie załącznika Nr. 1 do taryfy międzynarodowej. Załącznik ten obecnie ustala warunki przewozów międzynarodowych, z materjałów wybuchowych—tylko dla nitrocelulozy, trójnitrotoluolu i kwasu pikrynowego, jak również innych nitrozwiązków w ilościach do 5 kg dla celów farmaceutycznych i do badań, a z amunicji — lontów prochowych i detonujących, zapałów słabych, petard alarmowych i amunicji małokalibrowej. Przewozów innych rodzajów amunicji i materja-

---

[24]) p. Taryfa międzynarodowa na przewóz towarów kolejami żelaznemi (T. M. T.), obowiązująca od 1.X.1928 r. — wyd. Min. Komunikacji. Warszawa 1928.

łów wybuchowych konwencja z 1924 roku nie przewiduje. Artykuł 4 § 2 konwencji tej zezwala natomiast, aby dwa lub więcej państw, należących do konwencji, ugodziły się wzajemnie na przyjmowanie do przewozów swemi kolejami artykułów, nie objętych przepisami konwencji. W kwietniu 1929 r. ugoda tego rodzaju została zawarta między Austrją, Czechosłowacją i Niemcami. Uzgodnione między temi Państwami przepisy przewozu materjałów wybuchowych i amunicji [25]) są prawie analogiczne z odnośnemi przepisami niemieckiemi z tą różnicą, że materjały wybuchowe podzielone są tu nie na 3 grupy, a na 2, jak to jest w przepisach polskich. W kwietniu 1930 r. do powyższej ugody zadeklarowały przystąpienie Italja, Węgry i Jugosławja jak również Polska z zastrzeżeniem ratyfikacji ugody przez Rządy.

Przechodzę teraz do ostatnich przepisów kolejowych niniejszego artykułu — przepisów rosyjskich.

Rosyjskie przepisy przewozu materjałów wybuchowych kolejami z 23 kwietnia 1891 roku [26]), obowiązujące jako normalne i po wojnie światowej przynajmniej do roku 1923, nie wnoszą w omawianą dziedzinę nic nowego, wobec czego pomijam je. Natomiast zatrzymam się nieco na przepisach, zatwierdzonych przez Rewolucyjną Radę Wojenną dnia 10 października 1919 roku [26]). Przepisy te, omawiające warunki przewozu kolejami wojskowych ładunków wybuchowych podczas wojny i przy ewakuacji, wydano jako tymczasowe, ulgowe, z zastrzeżeniem w § 1 przepisów, że o wprowadzeniu ich w życie i wycofaniu każdorazowo decyduje Komisja Spraw Wojskowych. W 44 paragrafach podają one warunki przewozu ładunków wybuchowych pociągami towarowemi, a w 16 dodatkowych paragrafach — warunki przewozu małych ładunków materjałów wybuchowych w pociągach osobowych i mieszanych. Przepisy te należy uważać jako minimum środków ostrożności, niezbędnych zdaniem rosyjskich fachowców do zachowania przy transportach materjałów wybuchowych i amunicji nawet w ciężkich warunkach wojny i ewakuacji. Rozpatrzmy, choć pobieżnie, wymagania tych przepisów.

Przepisy przewozu pociągami towarowemi wyszczególniają przedewszystkiem 72 materjały wybuchowe i 17 rozmaitych rodza-

---

[25]) p. Beilage der Zeitschrift für das gesammte Schiess-und Sprengstoffwesen. Maiheft 1929.

[26]) p. prof. M. Sucharewskij. Wzrywczatyje wieszczestwa i wzrywnyje raboty. Moskwa, 1923, s. 1302 i 1306.

jów amunicji i składowych części amunicji, dopuszczanych do przewozu.

O zamierzonej większej wysyłce materjałów wybuchowych lub amunicji i o przybyciu ich na miejsce przeznaczenia muszą być zawiadomione odnośne władze kolejowe i wojskowe.

Załadunek i wyładunek powinien odbywać się w miarę możności przy świetle dziennem w miejscach bezpiecznych, zdala od budynków i przechodzących parowozów. Materjały wybuchowe i amunicję, pozostawione czasowo pod otwartem niebem, należy przykryć brezentem i postawić przy nich stróży. W miejscach czasowego przechowywania, załadunku lub wyładunku tych materjałów należy wywiesić czerwony plakat z czarnym napisem „Materjały wybuchowe".

Skrzynki z materjałami wybuchowemi lub amunicją należy przenosić w rękach lub na noszach, lub przewozić w taczkach. Nie wolno je rzucać, ciągnąć, przetaczać i t. p.

Wzbronione jest palenie tytoniu lub ognia w odległości mniejszej niż 50 sążni (107 m) od wagonów z materjałami wybuchowemi.

Odpowiedzialność za należyte opakowanie przesyłanych materjałów ponosi nadawca. Pociski działowe wolno jest przewozić bez opakowania.

Prochy dymne należy przewozić tylko w wagonach krytych, wysłanych matami, wojłokiem lub t. p. i nie zaopatrzonych w hamulce. Prochy bezdymne i ładunki z tych prochów wolno przewozić również w wagonach krytych z hamulcami. Pozostałe materjały wybuchowe i amunicja mogą być przewożone tak w wagonach krytych, zaopatrzonych w hamulce lub nie, jak i na otwartych platformach. W tym ostatnim wypadku przewożone materjały należy przykryć brezentem.

Materjały wybuchowe i amunicja winny być ułożone w wagonach lub na platformach szczelnie i zabezpieczone od przesuwania się, spadania i t. p.

Wagony wolno załadowywać materjałami wybuchowemi i amunicją do pełnej ich siły nośnej. Załadowanie winno być takie, aby resory wagonów obciążone były równomiernie. Pozostawianie przejścia wewnątrz załadowanego wagonu nie jest konieczne.

Wagonów, częściowo załadowanych materjałami wybuchowemi lub amunicją, nie wolno jest doładowywać kwasami, materjałami łatwopalnemi lub samozapalnemi lub bardzo ciężkiemi.

Przed załadowywaniem wagony należy starannie obejrzeć i sprawdzić. Załadowane materjałami wybuchowemi lub amunicją wagony winny być zaopatrzone w białe plakaty 12 X 12 werszków (53 X 53 cm) z czarną obwódką i rysunkiem palącej się bomby. Na parowozie pociągu z materjałami wybuchowemi w dzień należy wywieszać czerwoną flagę, a w nocy — czerwoną latarnię.

Przy przewozie materjałów wybuchowych lub amunicji pociągami towarowemi i wojskowemi należy przestrzegać:

1. aby ogólna ilość wagonów z materjałami wybuchowemi i amunicją nie przewyższała 25;
2. aby wszystkie te wagony były razem, w środku pociagu;
3. aby wagon dla eskorty, o ile jest on włączony, był tuż obok wagonów z materjałami wybuchowemi i amunicją, i
4. aby wagony z materjałami samozapalnemi lub łatwopalnemi i wagony osobowe oddzielone były od wagonów z materjałami wybuchowemi co najmniej przez 4 wagony z ładunkiem bezpiecznym.

W pociągach towarowo-osobowych dopuszcza się przewóz materjałów wybuchowych lub amunicji w ilości najwyżej 2 wagonów, a w pociągach wojskowych osobowych — najwyżej 4 wagonów z zastrzeżeniem, że nie mogą być przewożone jednocześnie tym samym pociągiem materjały samozapalne lub łatwopalne.

Opalane węglem, torfem lub drzewem parowozy pociągów, przewożących materjały wyb. lub amunicję, winny być zaopatrzone w łapacze iskier.

O wyjściu pociągu z materjałami niebezpiecznemi zawiadamia się telegraficznie stację przeznaczenia ładunku i stacje przejściowe. Na stacjach tych węgiel i popiół, wygrzebywany z parowozów, należy bezwzględnie zalać wodą przed nadejściem pociągu z materjałami wybuchowemi.

W razie zepsucia się w drodze wagonu z materjałami wybuchowemi lub amunicją — wagon ten należy odczepić i materjał przeładować do wagonu dobrego.

W razie wykrycia w drodze poważniejszego uszkodzenia opakowania materjałów wybuchowych — uszkodzone ładunki należy wyładować w najbliższym odpowiednim punkcie.

Pociągi z materjałami wybuchowemi i amunicją powinny być wysyłane pod eskortą. Eskorta przyjmuje wagony oplombowane, wystawia w drodze wartowników na brekach wagonów, oddanych ich

pieczy, a podczas postojów nie dopuszcza do nich osób postronnych, nie pozwala w promieniu 50 sążni na palenie ognisk lub tytoniu i sprawdza przez oględziny zewnętrzne stan wagonów. Otwierać wagony z materjałami wybuchowemi lub amunicją i wchodzić do nich może tylko komendant eskorty lub urzędnicy kolejowi za zezwoleniem i bezwarunkowo w obecności komendanta eskorty i to tylko w razie bezwzględnej konieczności oraz z zachowaniem wszelkich środków ostrożności. Komendanci stacyj i władze kolejowe winni okazywać eskorcie wszelką pomoc.

Za nieprzestrzeganie powyższych przepisów winnym grozi odpowiedzialność sądowa jako za przestępstwo służbowe, dokonane podczas wojny na terenie wojennym.

Przepisy z 10 października 1919 r. zezwalają również na przewóz materjałów wybuchowych i amunicji pociągami osobowemi i towarowo-osobowemi oraz pociągami towarowemi jak drobnicę w ograniczonych ilościach i o ile są to ładunki wojskowe. Ilości, dopuszczone do takich przewozów, podaje tabela Nr. 6.

TABELA № 6.

Nr. porz.	Rodzaj ładunków dopuszczonych do przewozu	W pociągach osobowych		W pociągach towarowo-osob.		W pociągach towarowych jako ładunek
		jako pakunek ręczny	jako bagaż	jako pakunek ręczny	jako ładunek	
1.	Materjały wybuchowe, dopuszczone do przewozu pociągami towarowemi z wyjątkiem prochów bezdymnych.	5 funtów (2 kg.)	10 funtów (4 kg.)	5 funtów	3 pudy (49 kg.)	3 pudy
2.	Prochy bezdymne i ładunki z tych prochów . .	5 funtów	3 pudy	5 funtów	10 pudów	30 pudów
3.	Naboje karabinowe i rewolwerowe, lonty prochowe i detonujące, zapłonniki i zapalniki czasowe	5 funtów	10 funtów	5 funtów	3 pudy	3 pudy

Ciężar poszczególnych pakunków, nadawanych do przewozu, nie powinien przewyższać 6 pudów (98 kg) brutto w opakowaniu.

Przewóz materjałów wybuchowych i amunicji w pakunkach ręcznych dopuszcza się niezależnie od ilości tych materjałów, przewożonych w tymże pociągu jako bagaż lub ładunek towarowy. W pociągach osobowych i towarowo-osobowych nie wolno jednak

przewozić w ręcznych pakunkach więcej niż 5 funtów materjałów wybuchowych i amunicji łącznie na cały pociąg, a jako bagaż w pociągach osobowych — ponad 10 funtów na cały pociąg (z wyjątkiem prochów bezdymnych).

Materjały, nie wyszczególnione w tabeli Nr. 6, a więc pociski działowe, miny, granaty ręczne, amunicję świetlną i sygnałową, nawet w niewielkich ilościach należy przewozić tylko pociągami towarowemi zgodnie z ogólnemi warunkami tymczasowych przepisów z 10.X.1919 r.

Odpowiedzialność za opakowanie przewożonych lub nadawanych do przewozu materjałów wybuchowych ponosi przewożący albo też odpowiedni nadawca ładunku. Na wszystkich pakunkach z materjałami wybuchowemi lub amunicją, nadawanych jako bagaż lub ładunek towarowy, powinny być czerwone napisy „Materjały wybuchowe".

Instytucja wojskowa, wysyłająca materjały wybuchowe lub amunicję pociągiem osobowym lub towarowo-osobowym, winna wyznaczyć eskortującego, biegłego w obchodzeniu się z danemi materjałami wybuchowemi. Eskortujący ładunek wybuchowy czy też przewożący go w pakunku ręcznym — winien zgłosić się do dyżurnego urzędnika stacji kolejowej a również — i do komendanta, o ile on jest na danej stacji, zameldować o zamierzonym przewozie i przedstawić dokumenty, upoważniające do tego przewozu. Zastosowanie wszelkich możliwych środków ostrożności przy przewozie materjałów wybuchowych lub amunicji w pakunkach ręcznych jest obowiązkiem przewożącego. Władze kolejowe winny współdziałać z nim w kierunku zabezpieczenia przewożonego pakunku. W tym celu przewożący przed wpuszczaniem innych pasażerów powinien być umieszczony w jednym z końcowych wagonów pociągu, w miarę możności sam jeden w przedziale dla niepalących, i o przewozie tym powinien być powiadomiony główny konduktor pociągu.

Eskortujący ładunek wybuchowy powinien być obecny przy jego załadunku i wyładunku. W razie nienależytego umieszczenia ładunku lub nieodpowiedniego obchodzenia się z nim — powiadamia on o tem głównego konduktora pociągu, a w miarę możności i dyżurnego stacji. Po otrzymaniu kwitu bagażowego eskortujący nie ponosi odpowiedzialności za bezpieczeństwo ładunku; z chwilą tą odpowiedzialność przechodzi na władze kolejowe. W pociągu towarowym eskortującego umieszcza się razem z głównym konduktorem

pociągu. Po przybyciu na miejsce przeznaczenia ładunek powinien być natychmiast odebrany przez eskortującego i wywieziony ze stacji.

W razie wykrycia w drodze uszkodzenia w opakowaniu ładunku, popsucia się wagonu, pożaru w pociągu lub w pobliżu niego i w t. p. wypadkach, zagrażających całości i bezpieczeństwu ładunku, władze kolejowe, zastosowując pierwsze, zależne od nich, środki zabezpieczenia, powiadamiają niezwłocznie eskortującego, który winien przedsięwziąć dalsze środki, zapobiegające eksplozji ładunku.

(d. c. n.).

623.451.4:565.1

Płk. rez. inż. GYURKOWICZ JERZY
i mjr. inż. ŻEBROWSKI APOLINARY.

OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE SKORUPY GRANATU *)

Granat artyleryjski narażony jest w chwili wystrzału na działanie bardzo znacznych sił, nadających mu ogromne przyśpieszenia. Dla ilustracji wartości liczbowych, jakie przybiera przyśpieszenie a granatu w lufie działa, można przytoczyć, że dla armaty 75 mm wz. 97,—$a_{max} \cong 150.000$ m/sek^2.

Dla zadośćuczynienia zasadniczemu wymaganiu, jakiem jest bezpieczeństwo amunicji w użyciu, skorupa granatu powinna posiadać dostateczną wytrzymałość; wytrzymałość skorupy powinna zapewniać, że w lufie działa nie nastąpi takie odkształcenie materjału skorupy, które mogłoby zniekształcić normalny przebieg procesu strzału i w skutku pociągnąć za sobą wybuch granatu w lufie działa. Oczywiście, że nietylko skorupa powinna zapewniać bezpieczeństwo amunicji w użyciu, — wymaganiu temu muszą czynić zadość również zapalnik, wkrętka głowicowa, materjał wybuchowy, którym nabity jest granat, i t. d.

W dalszym ciągu artykułu zostaną podane podstawy obliczenia wytrzymałościowego *samej skorupy* oraz obliczenia *pierścienia wiodącego*, zadaniem którego jest zapewnić prawidłowy lot granatu i osiągnięcie potrzebnej donośności. Każdy nowy wzór granatu powinien być z nadzwyczajną skrupulatnością przestudjowany i obliczony. Jest to warunek nieodzowny, zarówno ze względu na prawidło-

---

*) p. również Wiad. Tech. Artyl. str. 256 „Projektowanie pocisków artyleryjskich" przez mjr. inż. Lubańskiego.

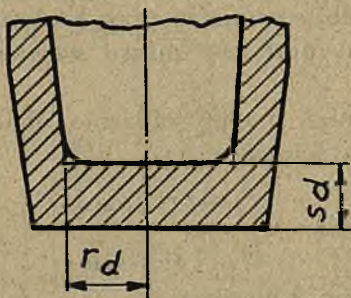
we funkcjonowanie granatu, jak i ze względu na bezpieczeństwo jego w użyciu.

I. Obliczanie dna skorupy.

Rozpatrzymy najpierw skorupy z otworem od strony głowicy, w których dno wytłoczone jest wraz ze ściankami skorupy z jednego bloczka stali. Grubość dna powinna być obliczona na zginanie zapomocą wzoru

$$s_d \geqslant \sqrt{\frac{\varphi \cdot r_d^2 \, p_{max}}{k_g}},$$

gdzie s_d oznacza grubość dna, r_d — promień obwodu dna (patrz rysunek 1), p_{max} — największe ciśnienie w lufie działa w chwili wystrzału, k_g — naprężenie dopuszczalne na zginanie.



Rys. 1.

Co się tyczy spółczynnika φ,—wartość jego zależy od przyjętej teorji wytrzymałości (hipoteza największego naprężenia, hipoteza największego wydłużenia, hipoteza największego naprężenia ścinającego), a z drugiej strony od tego, czy będziemy rozpatrywali dno, jako płytę, doskonale utwierdzoną na obwodzie, czy też będziemy traktowali umocowanie dna, jako pośrednie pomiędzy doskonałem utwierdzeniem i swobodnem podparciem na obwodzie. Przy obliczaniu dna skorupy najbliższą do warunków rzeczywistych jest wartość $\varphi = 0{,}6$, wobec tego

$$s_d \geqslant \sqrt{\frac{0{,}6 \cdot r_d^2 \, p_{max}}{k_g}}.$$

Przy obliczeniach wytrzymałościowych skorupy operujemy zwykle bardzo wysokiemi naprężeniami dopuszczalnemi, a to z tego względu, że ogromne siły, powstające w lufie w chwili wystrzału, działają na skorupę raz jeden i to w przeciągu bardzo krótkiego

okresu czasu, wzrastając stopniowo od zera do maximum. Z drugiej strony wymagania, jakie stawia się granatom z punktu widzenia ich działania, zmuszają przeważnie do stosowania możliwie najmniejszych grubości ścianek i dna skorupy. W granatach odłamkowych zmuszeni jesteśmy do tego ze względu na najlepsze wykorzystanie materjału skorupy w postaci odłamków, w granatach zaś, przeznaczonych do działania burzącego, — ze względu na powiększenie zawartości materjału wybuchowego.

Dla skorup granatów, wykonanych ze stali o wytrzymałości $R = 75 - 85$ kg/mm², przyjmujemy we wzorze na grubość dna najwyżej $k_g = 50 - 60$ kg/mm²; w żadnym razie, zakładając wielkość k_g, nie należy przekraczać granicy plastyczności, ponieważ przy wyrobie masowym, nawet pod warunkiem najostrzejszej kontroli, trudno jest uniknąć den o wadliwej strukturze materjału. Ze względu na wzmocnienie dna należy pamiętać przy konstruowaniu skorup o należytem zaokrągleniu przejścia zarysu wewnętrznego ścianki skorupy w dno.

Poleca się również przeprowadzenie obliczenia wytrzymałości dna na ścinanie. Siła ścinająca

$$P_t = \pi r_d^2 \, p_{\max}$$

działa na powierzchnię

$$F_t = 2\pi \, r_d \, s_d ;$$

wobec tego naprężenie ścinające

$$\tau = \frac{P_t}{F_t} = \frac{\pi r_d^2 \, p_{\max}}{2\pi r_d \; s_d} = \frac{r_d \, p_{\max}}{2 \, s_d} \leqslant k_t ,$$

gdzie k_t — naprężenie dopuszczalne na ścinanie. Co do wielkości k_t, przyjmujemy zazwyczaj $k_t = 0{,}75 \; k_r$ (k_r — naprężenie dopuszczalne na rozerwanie), tak np. dla skorup, posiadających wytrzymałość na rozerwanie $R = 75 - 85$ kg/mm², przyjmujemy $k_t = 45$ kg/mm².

Przejdziemy teraz do obliczania den wkręcanych; dna takie stosowane są w skorupach o mocnej budowie, w których głowica bez otworu wytłacza się jednocześnie ze ściankami skorupy z jednego bloczka stali. Przy obliczaniu takich den na zginanie stosujemy wyżej podany wzór

$$s_d \geqslant \sqrt{\frac{0{,}6 \, r_m^2 \, p_{\max}}{k_g}} ,$$

gdzie r_m oznacza średnicę podziałową gwintu dna (patrz rys. 2).

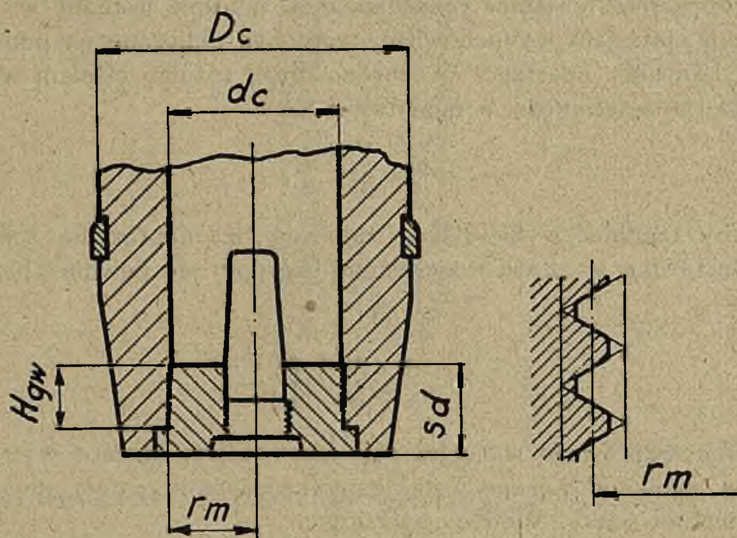
Ponadto dno wkręcane może być obliczone zapomocą podawanego przez literaturę francuską wzoru

$$H_{gw} \geqslant 1{,}25\, r_m \frac{N^2 - 1}{N^2 + 1},$$

gdzie

$$N = \frac{D_c}{d_c}.$$

Zastosowanie odpowiedniej wysokości gwintu H_{gw} zapobiega możliwości wykorkowania granatu w chwili jego funkcjonowania, t. zn. możliwości wybicia dna skorupy siłą detonacji materjału wybuchowego. Zjawisko to zachodzi najczęściej przy zastosowaniu słabego pobudzacza i pociąga za sobą niepełną detonację materjału wy-



Rys. 2.

buchowego, zawartego w granacie. Wypadki wykorkowania zachodziły często na początku wojny światowej w granatach, stosowanych przez włoską marynarkę wojenną; granaty te posiadały słaby pobudzacz prochowy, i to właśnie było przyczyną tych wypadków. Silny pobudzacz powoduje bardzo gwałtowny wzrost ciśnienia, wskutek czego granat w mniejszym stopniu narażony jest na wykorkowanie. Aby zapobiec wykorkowaniu granatu, stosuje się ponadto obciskanie tyłu skorupy w ten sam sposób, jaki się używa przy butelkowaniu głowicy.

Podany wyżej wzór na wysokości gwintu H_{gw} można wyprowadzić w sposób następujący: siła, działając na dno skorupy w chwili rozerwania granatu, wynosi

$$P_t = \pi r_n^2 p_w ,$$

gdzie p_w oznacza ciśnienie, panujące wewnątrz skorupy w chwili rozerwania granatu.

Siła P_t powoduje ścinanie gwintu na powierzchni

$$F_t = 2\pi r_m \frac{H_{gw}}{2} = \pi r_m H_{gw} ,$$

wobec tego naprężenie ścinające

$$\tau = \frac{P_t}{F_t} = \frac{\pi r_m^2 p_w}{\pi r_m H_{gw}} = \frac{r_m p_w}{H_{gw}} .$$

Naprężenia normalne, powstające w skorupie granatu w chwili detonacji materjału wybuchowego, mogą być obliczone na podstawie wzoru Lamé'go, opartego na bardzo dużej różnicy ciśnień, wewnętrznego i zewnętrznego, a mianowicie

$$\sigma = p_w \frac{N^2+1}{N^2-1} .$$

Aby zapobiec wybiciu dna, założymy, że naprężenia ścinające w gwincie dna w chwili rozerwania skorupy nie powinny przekraczać $\frac{4}{5}\sigma$, czyli

$$\tau \leqslant \frac{4}{5} p_w \frac{N^2+1}{N^2-1} .$$

Zachowanie tego warunku daje pewność, że granica wytrzymałości w ściankach skorupy zostanie przekroczona przedtem, nim gwint dna zostanie ścięty. Wobec powyższego

$$\frac{r_m p_w}{H_{gw}} \leqslant \frac{4}{5} p_w \frac{N^2+1}{N^2-1} ,$$

skąd otrzymujemy podany wyżej wzór na wysokość gwintu dna skorupy

$$H_{gw} \geqslant 1{,}25\, r_m \frac{N^2-1}{N^2+1} .$$

Należy podkreślić, że przy ustalaniu grubości dna wkręcanego musimy wziąć pod uwagę nie tylko względy wytrzymałościowe, ale również i wymagania konstrukcyjne, a mianowicie: w dnie wkręcanem znajduje się zapalnik, więc grubość tego dna powinna być taka, aby zapalnik w niem mógł się zmieścić (patrz rys. 3). Często się zdarza, że grubość dna, podyktowana wymogami konstrukcyjnemi, jest większa, niż tego wymagają względy wytrzymałościowe.

Podany wyżej wzór na wysokość gwintu dna skorupy należy również stosować przy obliczaniu wysokości gwintu oka w skorupach z otworem gwintowanym w głowicy, ponieważ wybicie zapalni-



Rys. 3.

ka lub wkrętki pobudzającej głowicowej również pociąga za sobą niepełną detonację materjału wybuchowego. Do obliczenia $N = \frac{D_c}{d_c}$ i w tym wypadku należy wziąć średnice części walcowych zarysu zewnętrznego i wewnętrznego skorupy, jak to wypływa z założeń, przyjętych przy wyprowadzaniu wzoru na wysokość gwintu H_{gw}.

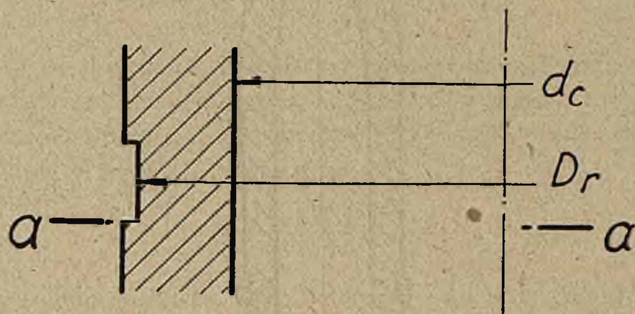
II. Obliczanie ścianek skorupy.

Zaznaczyliśmy już wyżej, że wymagania, stawiane granatom z punktu widzenia ich działania, zmuszają przeważnie do stosowania możliwie najmniejszych grubości ścianek skorupy; z tego względu przy projektowaniu zarysu wewnętrznego granatu musimy przeprowadzić staranne obliczenia wytrzymałościowe słabszych przekroi ścianek skorupy.

W każdym przekroju, prostopadłym do osi skorupy, powstają w chwili wystrzału bardzo duże naprężenia ściskające pod działaniem siły bezwładności tej części granatu, która leży nad przekro-

jem badanym. Ponadto w każdym takim przekroju powstają naprężenia ścinające pod wpływem momentu skręcającego, który wytwarza reakcja gwintu lufy. Te naprężenia ścinające są bardzo niewielkie w porównaniu z naprężeniami ściskającemi.

Ponieważ wielkość naprężeń ściskających zależy od masy części granatu, leżącej nad przekrojem badanym, możemy zgóry przewidzieć, że naprężenia te rosną w miarę, jak się posuwamy od głowicy granatu w kierunku dna. Zwykle najbardziej narażonym prze-



Rys. 4.

krojem ścianek skorupy jest przekrój, osłabiony rowkiem na pierścień wiodący lub podtoczeniem gwintu dna (patrz rys. 4). Oczywiście, że najgorszym jest wypadek, kiedy te osłabienia ścianki skorupy od strony zewnętrznej i wewnętrznej znajdują się w jednym przekroju, prostopadłym do osi skorupy, lub w dwóch przekrojach, blisko od siebie umieszczonych. Jasną jest rzeczą, że wypadków takich należy unikać, nie zawsze to jednak leży w granicach możliwości konstruktora.

Obliczymy przekrój skorupy $a - a$ (patrz rys. 4). Jest to pierścień kołowy o średnicy zewnętrznej D_r i średnicy wewnętrznej d_c. Oznaczymy ciężar części granatu, leżącej nad przekrojem $a - a$, przez G_a. Powierzchnia przekroju poprzecznego granatu, na którą działa ciśnienie gazów w lufie,

$$f = \frac{\pi d^2}{4} \text{ (cm}^2\text{)},$$

gdzie d — kaliber działa. Obliczamy przedewszystkiem spółczynnik przyśpieszenia k, który wyraża stosunek największego przyśpieszenia pocisku w lufie działa do przyśpieszenia ziemskiego.

$$k = \frac{a_{max}}{g}.$$

Oznaczymy największą siłę, działającą na dno granatu w lufie, przez P_{max}, ciężar całkowity granatu — przez G, jego masę — przez m.

Ponieważ

$$a_{max} = \frac{P_{max}}{m} = \frac{P_{max}}{\frac{G}{g}},$$

możemy napisać

$$\frac{a_{max}}{g} = \frac{P_{max}}{G};$$

wobec tego

$$k = \frac{P_{max}}{G} = \frac{p_{max} f}{G}.$$

Z tego wzoru możemy obliczyć spółczynnik przyśpieszenia k, znając wartości p_{max}, f oraz G.

Ponieważ ciężar części granatu, leżącej nad przekrojem badanym, wynosi G_a, siła ściekająca w przekroju $a - a$, miarodajna do obliczenia tego przekroju,

$$P_a = k\,G_a \text{ (kg)}.$$

Powierzchnia przekroju $a - a$

$$f_a = \frac{\pi D_r^2}{4} - \frac{\pi d_c^2}{4} \text{ (cm}^2\text{)},$$

wobec tego naprężenie ściskające w przekroju $a - a$

$$\sigma = \frac{P_a}{f_a} \text{ (kg/cm}^2\text{)}.$$

Dla obliczenia nąprężenia ścinającego musimy w pierwszym rzędzie określić wielkość momentu skręcającego M_{max}.

$$M_{max} = I \varepsilon_{max} \text{ (kgcm)},$$

gdzie I — moment bezwładności granatu względem osi symetrji, a ε_{max} — największe przyśpieszenie kątowe w lufie działa. Moment bezwładności I obliczymy, zastępując granat rurą stalową (patrz rys. 5) o średnicy zewnętrznej d (kaliber granatu), długości H (długość całkowita skorupy) i ciężarze G (ciężar całkowity granatu).

Oczywiście, że moment bezwładności takiej rury zastępczej będzie nieco większy od momentu bezwładności granatu; wypływa to z samej definicji momentu bezwładności

$$I = \int r^2 dm.$$

Wobec tego, wprowadzając zastępczy moment bezwładności,

nie obniżamy, a przeciwnie podwyższamy spółczynnik bezpieczeństwa.

Obliczymy najpierw średnicę wewnętrzną rury d_0 z równania

$$\left(f - \frac{\pi d_0^2}{4}\right) H \, 7{,}85 = G,$$

gdzie 7,85 oznacza ciężar właściwy stali.

$$\frac{\pi d_0^2}{4} = f - \frac{G}{7{,}85\, H} \ (\mathrm{cm}^2),$$

skąd obliczamy d_0.

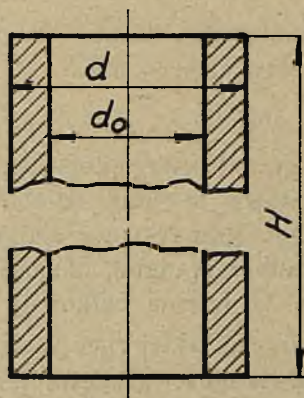
Moment bezwładności

$$I = \frac{\pi}{2} H \left(r^4 - r_0^4\right) \frac{7{,}85}{g} = \frac{1}{2} \frac{G}{g} \left(r^2 + r_0^2\right) \ (\mathrm{kgcm\ sek}^2),$$

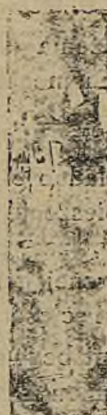
gdzie $r = \frac{d}{2}$, zaś $r_0 = \frac{d_0}{2}$, przyczem G musimy podać w kg., g — w cm/sek^2, zaś r i r_0 — w cm.

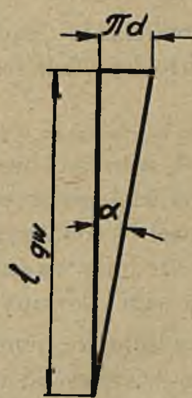
Przystąpimy do obliczenia przyśpieszenia kątowego ε_{max}. Oznaczymy szybkość granatu w kierunku osi lufy przez v, szybkość kątową — przez ω, kąt pochylenia gwintu lufy — przez α. Szybkość obwodowa w każdym przekroju lufy w zależności od szybkości w kierunku osi lufy może być wyrażona zapomocą wzoru

$$\omega \frac{d}{2} = v \ tg\alpha.$$



Rys. 5.





Rys. 6.

Zakładając, że gwint lufy posiada skok stały, różniczkujemy to równanie względem t

$$\frac{d\omega}{dt}\,\frac{d}{2}=\frac{dv}{dt}\;tg\alpha,$$

a więc

$$\varepsilon\,\frac{d}{2}=a\;tg\alpha.$$

Wychodząc z wartości a_{max}, otrzymamy

$$\varepsilon_{max}\,\frac{d}{2}=a_{max}\;tg\alpha,$$

wobec tego

$$\varepsilon_{max}=a_{max}\;tg\alpha\,\frac{2}{d}\;(\text{sek}^{-2}).$$

Wielkość a_{max} możemy obliczyć ze wzoru

$$a_{max}=k\,.\,g\;(\text{cm/sek}^2).$$

Jeśli nie znamy kąta pochylenia gwintu α, możemy określić $tg\alpha$ zapomocą skoku gwintu, wyrażonego w jednostkach długości l_{gw} lub w kalibrach λ, przyczem

$$\lambda=\frac{l_{gw}}{d}.$$

Zależność między wielkościami α i λ lub l_{gw} możemy określić, biorąc rozwinięcie gwintu na długości jednego skoku (patrz rys. 6),

$$tg\,\alpha=\frac{\pi d}{l_{gw}}=\frac{\pi d}{\lambda d}=\frac{\pi}{\lambda}.$$

Po obliczeniu momentu bezwładności I i przyśpieszenia kątowego ε_{max} możemy określić wielkość momentu skręcającego M_{max}:

$$M_{max}=I\;\varepsilon_{max}\;(\text{kg cm}).$$

Moment oporowy przekroju pierścieniowego skorupy możemy obliczyć zapomocą wzoru

$$W_0=\frac{I_0}{\frac{D_r}{2}},$$

gdzie biegunowy moment bezwładności przekroju pierścieniowego skorupy

$$I_0=\frac{\pi}{32}(D_r^4-d_c^4),$$

a więc

$$W_0=\frac{\pi}{16}\,\frac{D_r^4-d_c^4}{D_r}\;(\text{cm}^3).$$

W wyniku możemy określić wielkość naprężenia ścinającego w chwili największego ciśnienia gazów prochowych w lufie działa

$$\tau = \frac{M_{max}}{W_0} \text{ (kg/cm}^2\text{)}.$$

Mając naprężenia σ i τ, obliczamy naprężenie złożone σ' zapomocą wzoru

$$\sigma' = 0{,}35\,\sigma + 0{,}65 \sqrt{\sigma^2 + 4\,\alpha^2\,\tau^2}.$$

Dla określenia wielkości

$$\alpha = \frac{k_c}{1{,}3\,k_0},$$

gdzie k_c — naprężenie dopuszczalne materjału skorupy na ściskanie, a k_0 — naprężenie dopuszczalne na skręcanie, przyjmujemy

$$k_0 = 0{,}75\,k_c,$$

wówczas

$$\alpha = \frac{k_c}{1{,}3\,.\,0{,}75\,k_c} = \frac{1}{0{,}975} = 1{,}025.$$

Otrzymane naprężenie złożone nie powinno przekraczać dopuszczalnego naprężenia na ściskanie k_c. Co do wielkości k_c, możemy dla pocisków ze stali o wytrzymałości na rozerwanie $R = 7\,500 - 8\,500$ kg/cm² przyjąć $k_c = 6\,000$ kg/cm².

W konstrukcjach, jakie spotykamy w praktyce, naprężenie ściskające σ w ściankach skorupy bardzo mało się różni od naprężenia złożonego σ', odliczonego z uwzględnieniem naprężeń ścinających, to też przy obliczaniu ścianek skorupy można nie uwzględniać naprężeń ścinających i ograniczyć się do obliczenia przekroi niebezpiecznych na ściskanie zapomocą wzoru:

$$\sigma = \frac{P_a}{f_a} = \frac{k\,G_a}{f_a} \leqslant k_c.$$

Konstruktorzy francuscy często się posługują przy obliczaniu grubości ścianek wzorem generała Herment

$$s = \frac{k\,G_o}{\pi D_c k_c} e^{\frac{k\,\delta}{k_c} x},$$

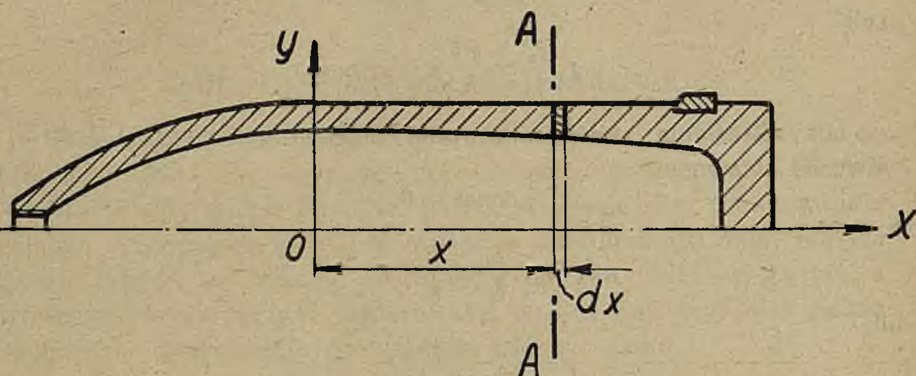
gdzie s (cm) — oznacza grubość ścianki skorupy w przekroju badanym;

k — spółczynnik przyśpieszenia;

G_o (kg) — ciężar głowicy skorupy (do dolnej podstawy zgrubienia środkującego) wraz z organami, połączonemi z głowicą zapomocą gwintu (zapalnik, wkrętka głowicowa);

D_c (cm) — średnicę zewnętrznej części cylindrycznej skorupy;
k_c (kg/cm^2) — przyjęte naprężenie dopuszczalne na ściskanie;
δ (kg/cm^3) — ciężar właściwy materjału skorupy;
x (cm) — odległość przekroju badanego od dolnej podstawy zgrubienia środkującego.

Wzór powyższy oparty jest na założeniu, że część skorupy od dolnej podstawy zgrubienia środkującego aż do dna przedstawia ciało o stałej wytrzymałości, t. zn. naprężenia ściskające we wszystkich przekrojach tej części skorupy są jednakowe (Rys, 7).



Rys. 7.

$$\sigma = \text{const} = k_c .$$

Oznaczymy powierzchnię przekroju ścianek skorupy w miejscu, odpowiadającem dolnej podstawie zgrubienia środkującego przez f_0 w odległości zaś x od tej podstawy — przez f_x. Ciężar części skorupy, leżącej nad przekrojem $A—A$, oznaczymy przez G_x. Wychodząc z założenia, że tułów skorupy jest ciałem o stałej wytrzymałości, możemy napisać dwa równania:

$$\frac{k\,G_0}{f_0} = k_c \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$\frac{k\,G_x}{f_x} = k_c \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Różniczkując równanie (2), otrzymamy

$$d\,G_x = \frac{k_c}{k}\,d\,f_x .$$

Z drugiej strony

$$d\,G_x = \delta\,f_x\,dx ,$$

wobec tego

$$\frac{k_c}{k} df_x = \delta f_x \, dx,$$

czyli

$$\frac{d f_x}{f_x} = \frac{k \delta}{k_c} d x.$$

Całkując to równanie w granicach od $x = 0$ do x, otrzymamy

$$\int_{f_0}^{f_x} \frac{df_x}{f_x} = \frac{k \delta}{k_c} \int_0^x d x,$$

czyli

$$\log_e \frac{f_x}{f_0} = \frac{k \delta}{k_c} x + \text{const}.$$

Dla określenia stałej całkowania podstawimy $x = 0$ i $f_x = f_0$, wówczas otrzymamy

$$\text{const} = 0,$$

a więc

$$\log_e \frac{f_x}{f_0} = \frac{k\delta}{k_c} x,$$

lub

$$\frac{f_x}{f_0} = e^{\frac{k \delta}{k_c} x},$$

lub też

$$f_x = f_0 \, e^{\frac{k \delta}{k_c} x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

Z równania (1) mamy

$$f_0 = \frac{kG_0}{k_c};$$

podstawiając wartość f_0 do równania (3), otrzymamy

$$f_x = \frac{kG_0}{k_c} \, e^{\frac{k \delta}{k_c} x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4)$$

Ponieważ

$$f_x \cong \pi D_c s,$$

równanie (4) przybiera postać

$$\pi D_c s = \frac{kG_0}{k_c} \, e^{\frac{k\delta}{k_c} x},$$

a więc

$$s = \frac{kG_0}{\pi D_c k_c} \, e^{\frac{k \delta}{k_c} x}.$$

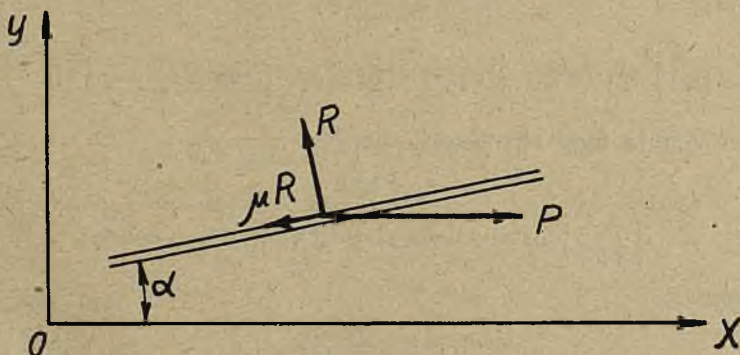
Ponieważ $D_c = \text{const}$, zarys wewnętrzny obliczonej na podstawie tego wzoru skorupy przedstawia krzywą logarytmiczną.

Wzór powyższy może być wykorzystany przy konstrukcji skorup żeliwnych, natomiast w zastosowaniu do skorup stalowych budzi cn zastrzeżenia, gdyż założenia, na których oparty jest ten wzór, nie odpowiadają warunkom rzeczywistym konstrukcji skorup stalowych. Ponadto wzór generała Herment przy obliczaniu nastręcza więcej kłopotów, niż ogólnie przyjęty w praktyce wzór

$$\sigma = \frac{kG_x}{f_x} \leqslant k_c .$$

III. Obliczanie pierścieni wiodących.

Rozwiniemy lufę działa o gwincie stałym i odniesiemy ją do płaskiego układu spółrzędnych, przedstawionego na rys. 8. Oś OX jest równoległa do osi lufy. Na pocisk w czasie jego ruchu w lufie działają następujące siły: siła $P = pf$ w kierunku osi lufy, reakcja gwintu lufy R, skierowana prostopadle do linji śrubowej gwintu, a wreszcie siła tarcia μR, skierowana wzdłuż linji śrubowej gwintu w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu pocisku.



Rys. 8.

Obliczymy wypadkową sił działających w kierunku osi OX i OY:

$$\Sigma X = P - R(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$\Sigma Y = R(\cos\alpha - \mu\sin\alpha). \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Siła, działająca w kierunku osi OX, nadaje pociskowi o masie m przyśpieszenie a, a więc $\Sigma X = ma$; siła w kierunku osi OY nadaje pociskowi ruch obrotowy; ramię tej siły równa się połowie średnicy lufy, a moment obrotowy, wytwarzany przez tę siłę $M = \frac{d}{2} \Sigma Y$.

Z drugiej strony $M = I\varepsilon$, gdzie I — moment bezwładności pocisku względem jego osi, zaś ε — przyśpieszenie kątowe. Jeśli oznaczymy promień bezwładności pocisku przez ρ, to moment bezwładności $I = m\rho^2$, a więc $M = m\rho^2\varepsilon$. Wobec tego równania (1) i (2) możemy przedstawić tak:

$$ma = P - R(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$m\rho^2\varepsilon = \frac{d}{2}R(\cos\alpha - \mu\sin\alpha) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Dla określenia wielkości siły R skorzystamy z zależności

$$\varepsilon\frac{d}{2} = a\,\mathrm{tg}\,\alpha.$$

Z równań (3) i (4) otrzymujemy

$$a = \frac{1}{m}[P - R(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)],$$

$$\varepsilon = \frac{1}{m\rho^2}\frac{d}{2}R(\cos\alpha - \mu\sin\alpha),$$

wobec tego

$$\frac{1}{m\rho^2}\frac{d^2}{4}R(\cos\alpha - \mu\sin\alpha) = \frac{\mathrm{tg}\,\alpha}{m}[P - R(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)],$$

czyli

$$\left(\frac{d}{2\rho}\right)^2 R(\cos\alpha - \mu\sin\alpha) = \mathrm{tg}\,\alpha\,[P - R(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)].$$

Z równania tego określamy siłę R

$$R = \frac{P\,\mathrm{tg}\,\alpha}{\left(\frac{d}{2\rho}\right)^2(\cos\alpha - \mu\sin\alpha) + \mathrm{tg}\,\alpha(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}.$$

Ponieważ

$$\sin\alpha = \frac{\mathrm{tg}\,\alpha}{\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\alpha}},$$

$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\alpha}},$$

siłę R możemy wyrazić w sposób następujący

$$R = P\,\mathrm{tg}\,\alpha\frac{\sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\alpha}}{\left(\frac{d}{2\rho}\right)^2(1 - \mu\,\mathrm{tg}\,\alpha) + \mathrm{tg}\,\alpha(\mathrm{tg}\,\alpha + \mu)}, \quad \ldots \quad (5)$$

Ze względu na to, że kąt α nie przekracza 8^0, $\mathrm{tg}\,\alpha \leqslant 0{,}14$; uwzględniając, że $\mu < 1$, możemy przyjąć

$$\mu \operatorname{tg} \alpha \cong 0 \text{ oraz } \operatorname{tg}^2 \alpha \cong 0.$$

Wówczas wzór (5) przybiera postać

$$R = P \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

Przyjmując $\mu \operatorname{tg} \alpha \cong 0$ i $\operatorname{tg}^2 \alpha \cong 0$, popełniamy błąd bardzo niewielki; różnica, jaką otrzymamy, obliczając R ze wzoru (5) przy założeniu $\mu = 0{,}1$ i $\mu = 0{,}8$, wynosi zaledwie 3%, co przy obliczeniach wytrzymałościowych nie odgrywa prawie żadnej roli.

Co się tyczy wartości $\frac{d}{2\rho}$, — waha się ona dla konstrukcyj normalnych w stosunkowo wąskich granicach 1,3 — 1,4, wobec tego

$$\left(\frac{2\rho}{d}\right)^2 = 0{,}59 - 0{,}51.$$

Rzecz jasna, że przy obliczeniach pierścienia wiodącego decydującą jest wartość R_{max}. Kąt pochylenia gwintu lufy jest stały na całej długości lufy albo wzrasta w kierunku wylotu lufy (gwint postępowy); w wypadku, gdy $\alpha = \text{const}$, — R_{max} występuje wówczas, kiedy P również osiąga swe maximum, a więc

$$R_{max} = P_{max} \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2.$$

Siła R_{max} wywiera zapomocą gwintów lufy nacisk na powierzchnię pierścienia

$$q = it \frac{z}{\cos \alpha} \text{ (patrz rysunki 9 i 10)}$$

gdzie i — ilość gwintów lufy, a

$$t = \frac{d_b - d}{2}.$$

Wobec tego

$$q k_c = it \frac{z}{\cos \alpha} k_c \geqslant R_{max}.$$

Ponieważ $\alpha \leqslant 8^0$, a więc $\cos \alpha \geqslant 0{,}99$, przyjmujemy przy obliczeniach $\cos \alpha \cong 1$, w takim razie

$$i t z k_c \geqslant R_{max},$$

$$i t z k_c \geqslant P_{max} \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2,$$

a więc

$$z \geqslant \frac{P_{max} \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2}{itk_c} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (I)$$

Możemy ponadto obliczyć pierścień wiodący, wychodząc z pracy tarcia pierścienia o gwint lufy. Pracę całkowitą tarcia w czasie ruchu pocisku w lufie oznaczymy przez A_t.

$$A_t = \int_0^l \mu \, R dl = \int_0^l \mu \, P \, \mathrm{tg}\, \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2 dl = \mu \, \mathrm{tg}\alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2 \int_0^l P dl,$$

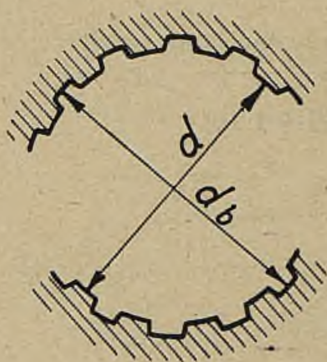
gdzie l — długość gwintowanej części lufy, a $P = f(l)$.

Ponieważ $\int_0^l P dl$ wyraża pracę całkowitą gazów, wytworzonych w lufie przy spalaniu się prochu, możemy napisać

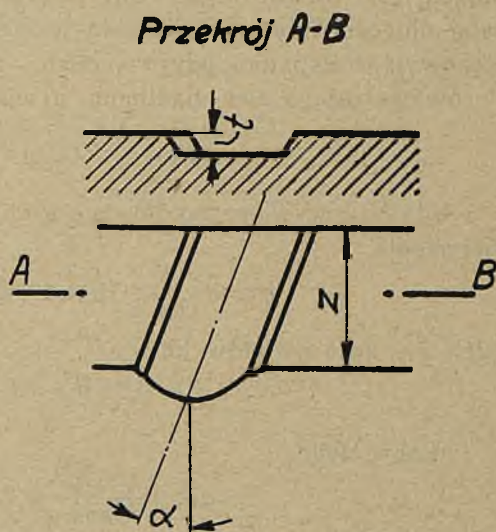
$$\int_0^l P dl = \frac{m v_0^2}{2},$$

a więc

$$A_t = \frac{m v_0^2}{2} \mu \, \mathrm{tg}\alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2.$$



Rys. 9.



Rys. 10.

Oznaczymy przez a_t dopuszczalną pracę tarcia, odniesioną do 1 cm² powierzchni. Ażeby praca tarcia w lufie nie przekroczyła granic dopuszczalnych, powinien być zachowany warunek

$$A_t \leqslant q a_t,$$

czyli

$$q \geqslant \frac{A_t}{a_t},$$

lub

$$q \geqslant \frac{\mu}{a_t} \frac{m v_0^2}{2} \operatorname{tg}\alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2 \quad \text{(II)}$$

Mamy więc 2 wzory (I i II), służące do obliczania wymiarów pierścienia wiodącego, a jednak zagadnienie to nastręcza dużo trudności. Doświadczenie wykazało, że we wzorze (I) można przyjąć $k_c = 6000$ kg/cm², a nawet $k_c > 6000$ kg/cm². Pociski z takiemi pierścieniami nie wykazują przy strzelaniu żadnych uchybień, dopóki lufa jest mało zużyta. Po oddaniu jednak większej ilości strzałów — ślady gwintów lufy na pierścieniu wiodącym stają się coraz szersze i mniej wyraźne i wreszcie znikają zupełnie. Oczywiście, że takie pociski nie posiadają ruchu obrotowego dokoła osi i wskutek tego wzrasta niepomiernie ich rozrzut.

Zjawisko to można wytłumaczyć, analizując wzór (II): ze wzoru tego widzimy, że q jest proporcjonalne do μ i odwrotnie proporcjonalne do a_t. Spółczynnik μ zależny jest od stanu lufy: im więcej jest lufa zniszczona, tem większe wartości przybiera μ; z drugiej strony im większem staje się μ, tem mniejszą musi być praca dopuszczalna tarcia a_t, a więc ze wzrostem spółczynnika tarcia powierzchnia pracująca pierścienia powinna wzrastać mniej więcej proporcjonalnie do drugiej potęgi tego spółczynnika.

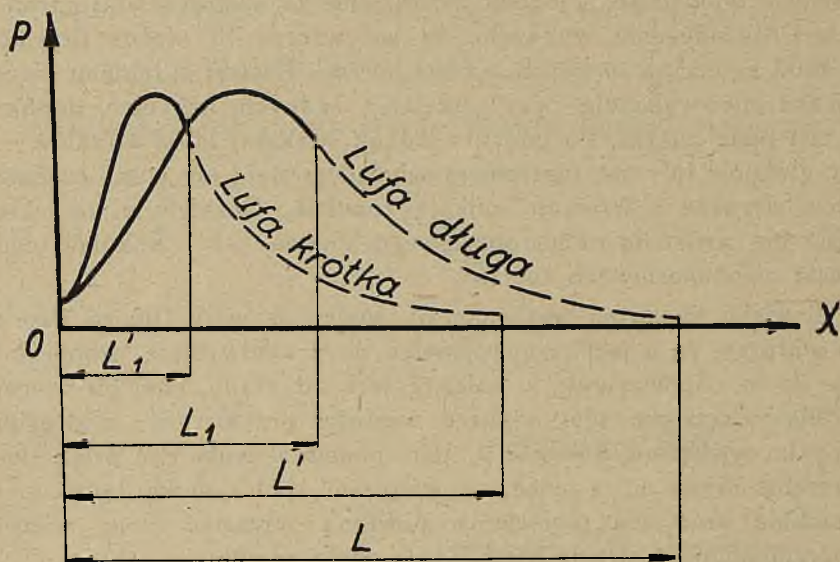
Doświadczenie stwierdza ponadto, że zjawisko nadmiernego zużycia lufy występuje w armatach po oddaniu znacznie mniejszej ilości strzałów, niż w haubicach i moździerzach, a szczególnie w tym wypadku, jeśli armata posiada dużą szybkość początkową lub gwint postępowy. Przyczyna tego zjawiska leży w użyciu do dział o lufach długich prochu wolnopalnego, zaś do dział o lufach krótkich — prochu szybkopalnego. Zastosowanie w lufach długich i krótkich prochu o różnym czasie spalania się podyktowane jest koniecznością należytego wyzyskania długości lufy.

Zestawiając wykresy spalania się prochu w lufie długiej i krótkiej (patrz rys. 11), widzimy, że w armatach stosunek części długości lufy, narażonej na działanie płomienia gazów prochowych, do długości całkowitej lufy jest znacznie większy, niż w haubicach i moździerzach:

$$\frac{L_1}{L} > \frac{L_1'}{L'}.$$

Pod działaniem płomienia gazów prochowych powstają w lufie wypalenia (patrz rys. 12). Długość części lufy, narażonej na wypalenia, w działach o lufach krótkich jest znacznie mniejsza, niż w dzia-

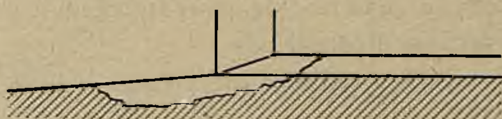
łach o lufach długich, dlatego też haubice i moździerze z wypaleniami, sięgającemi dość głęboko w materjał lufy, zapewniają jeszcze należyte prowadzenie pocisku, podczas gdy lufy armat o wyglądzie



Rys. 11.

nieraz o wiele lepszym nie nadają się już do strzelania, ponieważ długość wypalonej części lufy jest znaczna.

Z drugiej strony wielkość spółczynnika μ wzrasta ze wzrostem temperatury lufy. Oczywiście, że lufy długie, do których używa się



Rys. 12.

ładunków prochowych kilkakrotnie większych, niż do luf krótkich, nagrzewają się znacznie prędzej. Nadmieniliśmy już wyżej o wpływie zastosowania gwintu postępowego na ogólną ilość strzałów, jaką można oddać z lufy działa. Rys. 13 przedstawia nam w przesadzie przyleganie pola pierścienia wiodącego do pola gwintu lufy. Jak widzimy, przy zastosowaniu gwintu postępowego ścięcia boczne tych pól nie przylegają do siebie na całej wysokości pierścienia,

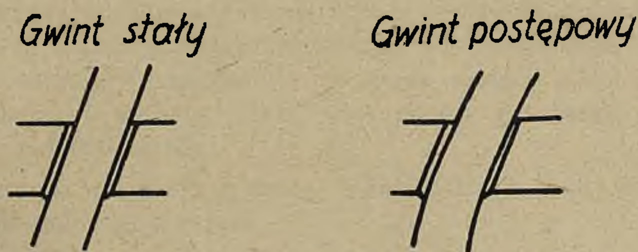
a wskutek tego powierzchnia pracująca pierścienia q zmniejsza się, co pociąga za sobą zmniejszenie ogólnej ilości strzałów, jaką może wytrzymać lufa działa.

Ze wzoru

$$A_t = \frac{m v_0^2}{2} \mu \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2$$

widzimy, że praca tarcia w czasie ruchu pocisku w lufie jest proporcjonalna do $\frac{m v_0^2}{2}$, a więc *ilość ogólna strzałów, jaką możemy oddać z lufy działa, jest funkcją szybkości początkowej* v_0, a nie funkcją ciśnienia w lufie p_{max}, jak to się często twierdzi, a nawet oblicza. Jako przykład, potwierdzający zależność ogólnej ilości strzałów od szybkości początkowej, możemy przytoczyć, że z austrjackiego 30,5 cm moździerza można oddać 3000 strzałów, podczas gdy austrjacka 30,5 cm. armata morska, posiadająca takie same ciśnienie p_{max}, wytrzymuje zaledwie 200 strzałów.

Najprostszym i powszechnie stosowanym środkiem, zapobiegającym szybkiemu zużyciu luf długich, jest stosowanie większej wysokości pierścieni wiodących, niż przy lufach krótkich. Jednak w sto-



Rys. 13.

sowaniu tego środka zaradczego jesteśmy ograniczeni, ponieważ powiększanie wysokości pierścienia wiodącego odbija się fatalnie na lufie, wywołując nadmierne jej zamiedzanie. Tworzące się na powierzchni wewnętrznej lufy związki chemiczne stali z miedzią nie dają się usunąć i powodują przyśpieszenie procesu zużycia lufy.

Ze względu na to, iż nie możemy ustalić nawet w przybliżeniu wartości μ, wzór (II) nie przedstawia wartości praktycznej przy obliczaniu pierścieni wiodących. Zmuszeni jesteśmy wobec tego posługiwać się tylko wzorem (I)

$$z \geqslant \frac{P_{max} \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{2\rho}{d}\right)^2}{i\,t\,k_c}.$$

Uwzględniając jednak niejednakowe warunki pracy pierścienia wiodącego w lufach długich i krótkich, należy przyjąć dla pierścieni pocisków, przeznaczonych dla luf krótkich, $k_c = 25 - 30$ kg/mm², najwyżej $k_c = 35$ kg/mm², dla pierścieni zaś pocisków, przeznaczonych do luf długich, $k_c = 15 - 25$ kg/mm², przyczem przy większych szybkościach początkowych musimy się trzymać bliżej dolnej granicy wartości k_c. Stosowanie $k_c < 15$ kg/mm² nie poleca się ze względu na zamiedzanie lufy.

Kpt. mar. inż. LASKOWSKI HELJODOR.

O BALISTYCE NADARMAT.

Rozważania ogólne.

Nadarmatami nazywamy działa, strzelające na bardzo duże odległości i z wielkiemi szybkościami początkowemi, przewyższającemi znacznie 900 m/sek.

Funkcję szybkości $F(v)$ znamy z pewną dokładnością tylko dla szybkości mniejszych od 900 m/sek., gdy tymczasem szybkość pocisku nadarmaty zmienia się na torze między 1700 i 700 m/sek. mniejwięcej, i większą część toru pocisk przebiega z szybkością większą od 900 m/sek.

Narzuca się więc pytanie, jaką będzie w tych warunkach dokładność obliczeń à priori.

Rozwiązanie problemu obejmuje 2 części:

1) mając pocisk, określony przez kaliber (a), ciężar (p), spółczynnik kształtu (i), — znaleźć szybkość, jaką należy mu nadać, aby osiągnąć żądaną donośność.

2) zbudować lufę, którаby osiągnęła tę szybkość.

Rozwiązanie nie jest łatwe, gdyż jedna i druga część problemu nie da się rozwiązać przy pomocy posiadanych tabel. Jednakże na zasadzie ustalonych ogólnych relacyj można prawie że bez zastrzeżeń rozważać kwestje, dotyczące balistyki wewnętrznej; co zaś do balistyki zewnętrznej, to pozostaje nam jedynie droga doświadczalna przez wykorzystanie wyników, osiągniętych dotychczas ze sprzętem już wykonanym dawniej.

Wyznaczenie szybkości.

Nadarmaty niemieckie strzelały pod stałym kątem podniesienia, bliskim 50^0, który dla dużych szybkości jest bliski granicy kąta odpowiadającego maximum donośności.

O ile bowiem rozpatrzymy spółczynnik poprawki:

$$C_\alpha = \frac{dX}{X} \cdot \frac{\alpha}{d\alpha},$$

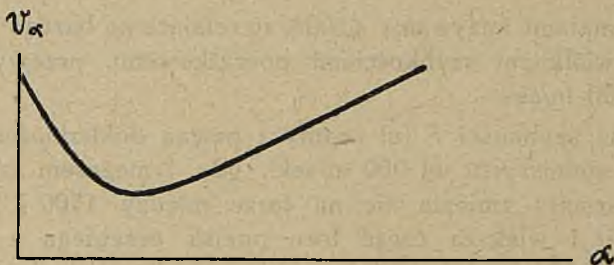
to zauważymy, że dla rozmaitych kątów α spółczynnik ten można otrzymać, wychodząc z jego wartości w próżni przy pomocy tabeli, które dają V^α_{25}.

Różniczkując wzór donośności

$$X = V_0^2 \cdot \frac{\sin 2\alpha}{g},$$

otrzymamy:

$$\frac{dX}{X} = 2\frac{dV_0}{V_0} + \frac{2d\alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha}$$



Rys. 1.

lub:

$$\frac{dX}{X} = \left(2\frac{dV_0}{V_0} \cdot \frac{\alpha}{d\alpha} + \frac{2\alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha}\right)\frac{d\alpha}{\alpha} = C_\alpha \frac{d\alpha}{\alpha}.$$

Ponieważ C_α w próżni $= \frac{2\alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha}$, zatem wyrażenie dla C_α w powietrzu różni się od C_α w próżni o wartość $\frac{2dV_0}{V_0} \cdot \frac{\alpha}{d\alpha}$.

Wartość ta jest najpierw ujemna, gdyż szybkość fikcyjna maleje, gdy α rośnie:

Dla pewnej wartości α, (zależnej od V_0 i C[1]), lecz przedewszystkiem od V_0), szybkość fikcyjna V_α przechodzi przez minimum, poczem

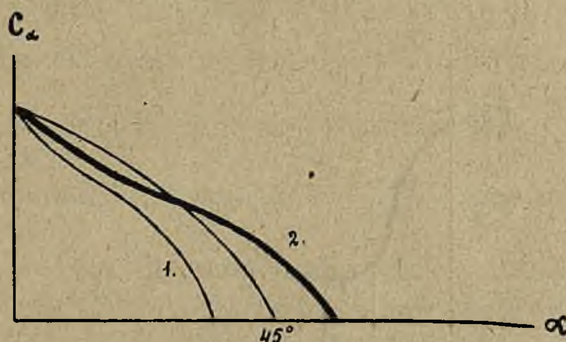
[1]) C — oznacza spółczynnik balistyczny.

rośnie. W chwili minimum $dV_\alpha = 0$; C_α w powietrzu równa się C_α w próżni. Potem C_α w powietrzu jest większe od C_α w próżni.

Jeżeli minimum bywa przy $\alpha > 45^0$, co jest zjawiskiem normalnem przy normalnie stosowanych szybkościach początkowych (krzywa 1), wtedy krzywa C_α w powietrzu przecina oś α przed 45^0. Największą donośność, która odpowiada $C_\alpha = 0$, uzyskamy przy kącie

$$\alpha < 45^0.$$

Jeżeli minimum szybkości fikcyjnej bywa przy $\alpha < 45_0$, co zdarza się przy bardzo dużych szybkościach początkowych, krzywe C_α w powietrzu (2) i C_α w próżni przecinają się przed $\alpha = 45^0$; krzywa C_α w powietrzu spotyka oś α po 45^0, największa donośność będzie zachodziła przy kącie $\alpha > 45^0$.



Rys. 2.

Wynika to wskutek zmniejszania się oporu powietrza w wysokich warstwach powietrza (wpływ Δ_y).

Ponieważ nadarmaty strzelają z dużemi szybkościami początkowemi, zatrzymajmy się na $\alpha = 50^0$.

Tabele inżynierów artylerji morskiej francuskiej Charbonnier-Sugot, wykonane dla szybkości fikcyjnych, pozwalają zdać sobie sprawę, w jaki sposób zmienia się wydajność $\rho_\alpha = \frac{V_\alpha}{V_0}$ (dla normalnie używanych V_0 i α), przy tych samych α i C, gdy zmienia się tylko V_0.

Weźmy np. krzywą ρ_{40} dla pewnego C i $\alpha = 40^0$.

Wraz ze wzrostem V_0 wydajność spada najpierw bardzo znacznie, potem coraz mniej. Krzywa zmienia krzywiznę przy $V_0 \sim 500$ m/s. Zmiana ρ_{40} staje się następnie coraz to mniejsza, i ma się wrażenie, że ρ powinno przejść przez minimum.

Jeżeli tak jest, to $d\rho = 0$ i $C_{v_0} = 2$ (jak w próżni).

Jeżeli krzywa podnosi się potem, to $d\rho > 0$ i $C_{v_0} > 2$. W tym wypadku X wzrasta więcej niż kwadrat szybkości.

Mamy:

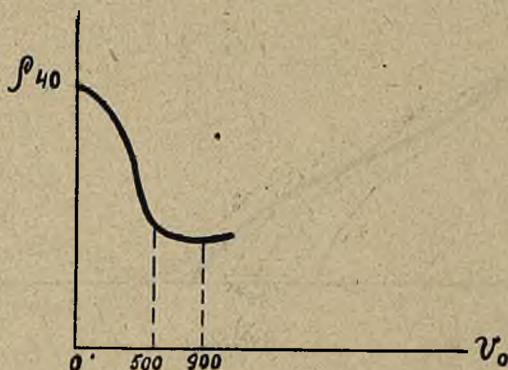
$$X_\alpha = V^2_\alpha \cdot \frac{\sin 2\alpha}{g},$$

Na zasadzie metody szybkości fikcyjnych wzór ten rozbijamy na 2 wyrażenia: jedno:

$$V_0^2 \cdot \frac{\sin 2\alpha}{g},$$

które zmienia się znacznie wraz z V_0, drugie

$$\left(\frac{V\alpha}{V_0}\right)^2 = \rho^2,$$



Rys. 3.

które zmienia się mało wraz ze zmianą V_0 przy dużych kątach α i to tem bardziej, im szybkość jest większa i spółczynnik balistyczny mniejszy.

Zatem:

$$\frac{dX_\alpha}{X_\alpha} = \frac{2\,dV_\alpha}{V_\alpha} = 2\left(\frac{dV_0}{V_0} + \frac{d\rho}{\rho}\right) = C_{V_0}\frac{dV_0}{V_0}$$

skąd:

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dV_0}{V_0} \cdot \left(\frac{C_{V_0}}{2} - 1\right).$$

Nie oznacza to, że zyskujemy większą donośność w powietrzu niż w próżni, lecz że względny przyrost $\frac{dX}{X}$ donośności w powietrzu, wynikający ze zwiększenia szybkości początkowej, jest większy od względnego przyrostu donośności w próżni.

Inaczej mówiąc, jeżeli zamiast V_0 będziemy mieli $V_0 + dV_0$, zyskamy dX, przyczem (dX) w powietrzu $<$ (dX) w próżni, natomiast przyrost względny

$$\left(\frac{dX}{X}\right) \text{ w powietrzu } > \left(\frac{dX}{X}\right) \text{ w próżni.}$$

Zjawisko to będzie tem więcej zaakcentowane, im większy będzie kąt strzału.

Np. w wypadku nadarmaty, której charakterystyki poza spółczynnikiem balistycznym są znane, dla $\alpha = 50^0$ i $V^0 = 1650$ m/sek. mamy $\rho_{50} = 0{,}645$, podczas gdy dla normalnie używanych wartości V_0, obliczone ρ_{50} wynosi:

dla V_0 =	400	500	600	700	800	900 m/sek.
ρ_{50} =	0,815	0,73	0,66	0,615	0,575	0,55

Dokładność krzywej zależy od spółczynnika balistycznego C, który mało znamy.

ρ_{50} ma wartość zbliżoną do r (= wydajność przy $\alpha = 25^0$) przy $V_0 = 700$ m/sek.

Można stosować co następuje: mając C, szuka się w tabeli r dla $V_0 = 700$ m/sek.

Fakt ten zachodzi dla określonego rodzaju pocisku. Rozciągając go na każdy inny pocisk, otrzymamy wartość przybliżoną szybkości, z której pomocą uda się uzyskać żądaną donośność.

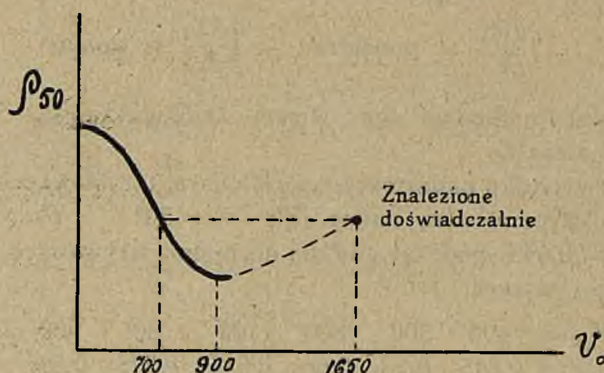
Weźmy przykład:
$10^6 C = 125$, dla $V_0 = 700$ $r = 0{,}73$. Chcąc uzyskać donośność równą np. 140 klm. ($X_{50} = 140{,}000$) z $V_{50} = 1180$ m/sek. i $\rho_{50} = 0{,}73$, musimy mieć:

$$V_0 \sim \frac{1180}{0{,}73} = 1620 \text{ m/sek.}$$

Dokładność tego obliczenia zależy głównie od ścisłości zależności między r_{25} i ρ_{50}, której istnienie dopuściliśmy w 2 strefach szybkości, przypuszczając w szczególności hipotezę, dość zresztą prawdopodobną, że nadarmaty uzyskiwały swą donośność, strzelając normalnym pociskiem, nie posiadającym żadnych specjalnych urządzeń, zmierzających do powiększenia donośności.

Błąd popełniony może być tylko wskutek błędnego określenia ρ_{50}. Jeżeli np. zamiast $\rho_{50} = 0{,}73$ weźmiemy 0,71, popełnimy błąd $\frac{dX}{X} = 2\frac{d\rho}{\rho}$ równy 4—6 klm. na 100 klm., a więc niezbyt wielki, przyjmując pod uwagę małą celność nadarmat.

W nadzwyczaj prosty sposób możemy więc ustalić przybliżoną wartość szybkości. Pomyłka, jak widzimy, jest możliwa, lecz nieznaczna.



Rys. 4.

Realizacja praktyczna.

Dla uzyskania tak dużej szybkości początkowej trzeba powiększyć objętość *c* przewodu lufy.

Zamiast normalnie spotykanych długości lufy, trzeba wziąć lufę 2—3 razy dłuższą (około 150 kalibrów długości), gdyż środkiem zdolnym naprawdę powiększyć moc lufy, jest zwiększenie objętości przewodu *c*, ponieważ μv^2 jest proporcjonalne do *c*, przy zachowaniu tych samych innych danych.

W tym specjalnym wypadku, gdy kwestja szybkości dominuje nad innemi, będzie oczywiście korzystnem zbudowanie lufy z charakterystykami, zbliżonemi do „działa minimum" (lub działa z mocą „optimum").

W normalnych warunkach strzelania, to jest gdy długość lufy $L \leqslant 50$ klb. i $\frac{\omega}{p} = 0{,}40$—działa „minimum" mają $\rho = \frac{c}{c_1}$ równe 3 — 4*).

Lecz moc wyraża się we wzorach przez:

$$pv^2 . \left(1 + \frac{\omega}{4p}\right)$$

i mnożnik $p\left(1 + \frac{\omega}{4p}\right)$ zmienia się jak $\frac{\omega}{p}$. A zatem wzrost mocy uzy-

*) ω = ciężar ładunku prochu, p = ciężar pocisku } w kilogramach

c = objętość przewodu lufy, c_1 = objętość komory ładunkowej } w dm^3.

skany przez powiększenie komory ładunkowej c_1 i równolegle $\frac{\omega}{p}$ może się wyrazić zmniejszeniem szybkości, (gdyż powiększenie mocy pociąga za sobą wzrost wyrażenia $v^2\left(1+\frac{\omega}{4p}\right)$, co jednak nie znaczy, że V musi się zwiększać).

Co się tyczy ρ optimum dla dział o dużej donośności, to jest ono bliskie 6. Zatrzymamy się na tej wartości, tembardziej, że jest ona korzystną ze względu na bardzo dużą objętość komory ładunkowej c_1, jaką mieć musimy.

Dla $\rho = 6$ otrzymamy z tabel dla różnych ciśnień P_m, następujące charakterystyki mocy max.:

P_m =	2000	3000	4000 kg/cm²
Δ =	0,585	0,785	0,860
ξ =	0,225	0,226	0,226
r =	0,308	0,330	0,363

Aby otrzymać wartość V_0 wyjdziemy z równania:

$$\mu v^2 = \frac{2f \cdot \omega \cdot r}{n-1}$$

gdzie μ fikcyjna masa pocisku $= \frac{p}{g}\left(1+\frac{\omega}{4p}\right) i$.

Otrzymamy:

$$V_0 \text{ (w metrach)} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{7 \cdot r}{\frac{p}{\omega}+\frac{1}{4}}}$$

lub:

$$v_0 = \frac{K}{\sqrt{1+\frac{4p}{\omega}}}$$

gdzie $k = 1000 \cdot \sqrt{28 \cdot r}$ i wartość którego dla:

$P_m = 2000$ 3000 4000 kg/cm²

będzie:

$k = 2940$ 3065 3190 „

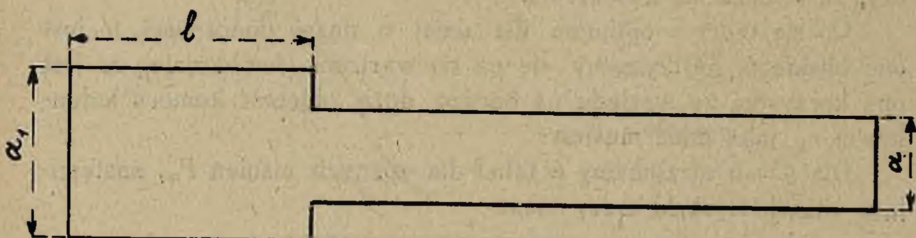
Nazwijmy:

U — całkowitą długość przewodu lufy od dna komory zamkowej, t. j. od przedniego płasku zamka zamkniętego do wylotu lufy;

$\frac{U}{a} = L$ długość lufy w kalibrach.

Komora ładunkowa składa się z szeregu walców i stożków o różnych długościach i nachyleniu. Ustalenie ich jest uzależnione od warunków, omawianie których nie wchodzi w zakres niniejszego artykułu.

Przedstawmy schematycznie tę komorę jako walec o średnicy a_1.



Rys. 5.

$$\frac{a^2\pi}{4} . U = c - c_1 + \frac{a^2 . \pi}{4} . l =$$

$$= c - c_1 \left(1 - \frac{\frac{a^2\pi}{4} . l}{c_1}\right) = c - c_1 \left(1 - \frac{\frac{a^2\pi}{4} . l}{\frac{a_1^2\pi}{4} . l}\right) =$$

$$= c - c_1 \left(1 - \frac{a^2}{a_1^2}\right) = c - c_1 \left(1 - \frac{1}{m^2}\right)$$

gdzie $m = \frac{a_1}{a}$ t. j. stosunek średnicy walca, którego objętość równa się objętości c_1 komory ładunkowej i długość — długości tej komory do kalibru.

Ponieważ

$$U = L . a$$

$$c = \rho . c_1$$

więc:

$$\frac{a^3\pi}{4} . L = \rho c_1 - c_1 \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) = c_1 \left(\rho - 1 + \frac{1}{m^2}\right)$$

lecz:

$$c_1 = \frac{\omega}{\Delta}$$

zatem:

$$\frac{a^3\pi}{4} . L = \frac{\omega}{\Delta} \cdot \left(\rho - 1 + \frac{1}{m^2}\right) = \frac{\omega}{p} \cdot \frac{1}{\Delta} \cdot \left(\rho - 1 + \frac{1}{m^2}\right)$$

skąd:

$$\frac{\omega}{4p} = \frac{a^3\pi}{16} . \frac{L}{p} . \frac{\Delta}{\rho - 1 + \frac{1}{m^2}}$$

i dla $\rho = 6$

$$\frac{\omega}{4p} = L \cdot \frac{a^3}{p} \cdot \Delta \cdot \frac{0{,}2}{5 + \frac{1}{m^2}}.$$

Ponieważ objętość komory ładunkowej jest bardzo duża, to w celu zmniejszenia jej długości *) należy wybrać wyjątkowo dużą wartość dla m, np. 1,6.

Przy $m = 1{,}6$

$$\frac{p}{a^3} = 12$$

$$L = 160 \text{ klb.}$$

$$\frac{\omega}{4p} = \frac{\Delta}{2}$$

Δ bierzemy z tabel, a ponieważ dla ρ ustaliliśmy wartość 6, to łatwo obliczymy $\frac{\omega}{4p}$. Mając $\frac{\omega}{4p}$, mamy i v_0, gdyż

$$v_0 = \frac{k}{\sqrt{1 + \frac{4p}{\omega}}}.$$

Możemy więc zestawić następującą tabelkę:

P_m =	2000	3000	4000 kg/cm²
V_0 =	1400	1600	1750 m/sek.,

Interpolacja pozwoli znaleźć wartości pośrednie

oraz napisać:

$$\frac{c_1}{p} = 2, \text{ bo } \frac{\omega}{4p} = \frac{\Delta}{2}, \text{ zaś } \Delta = \frac{\omega}{c_1}$$

$$\frac{c}{p} = 12, \text{ bo } \frac{c_1}{p} = 2, \text{ lecz } c_1 = \frac{c}{\rho} = \frac{c}{6}.$$

Należy mieć na uwadze, że ciśnienie na zamek będzie w rzeczywistości o wiele większe niż to, którem posługiwaliśmy się jako argumentem w powyższych obliczeniach. Wielkość ciśnienia, które jest uwidocznione w tabelach liczbowych, będących w użyciu, odpowiada bowiem średniej wartości ilorazu $\frac{\omega}{4p} = 0{,}09$.

$\frac{\omega}{p}$ jest normalnie niewielkie i waha się w granicach:

*) zmniejszenie to jest konieczne, gdyż długiemi ładunkami trudno jest manipulować.

$$0{,}25 < \frac{\omega}{p} < 0{,}45.$$

W naszym wypadku $\frac{\omega}{p}$ nie znajduje się w tych granicach, wobec czego dla otrzymania wartości ciśnienia na zamek należy ciśnienie, otrzymane z tabel, pomnożyć przez $\frac{1+\frac{\omega}{4p}}{1{,}09}$, gdzie mianownik przedstawia średnią wartość $\left(1+\frac{\omega}{4p}\right)$.

Zamiast więc:
$P_m = 2000$, 3000 i 4000 kg/cm^2 należy wziąć $P_m = 2400$, 3800 i 5250 kg/cm^2.

Pozatem należy zaznaczyć, że z powodu tych samych przyczyn, jakie podaliśmy wyżej, max. szybkość zdarzy się przy zastosowaniu nieco mniejszej gęstości załadowania Δ, niż tej, której odpowiada maximum mocy.

Δ, które należałoby wybrać, powinno być nieco mniejsze od podanego wyżej. Ze względu jednak na rachunek przybliżony, nie będziemy brali tej poprawki pod uwagę.

Na zakończenie należałoby jeszcze określić żywość A prochu, jaki trzeba będzie zastosować.

Wyjdźmy ze spółczynnika ξ, który =

$$= \frac{\sigma^2}{A^2 f^{2\alpha-1} . \omega . \mu}$$

Ponieważ

$$\sigma = \frac{a^2 . \pi}{4},$$

i

$$\mu = i . \frac{p}{g}\left(1+\frac{\omega}{4p}\right),$$

zatem

$$\xi = \frac{1}{A^2 . f^{2\alpha-1} . \omega . i . \frac{p}{g}\left(1+\frac{\omega}{4p}\right) . \frac{16}{a^4 . \pi^2}}$$

Mnożąc licznik i mianownik przez p, i grupując wartości stałe w $K = 6{,}8686$, otrzymamy:

$$\xi = \frac{K}{\left(A . a . \frac{p}{a^3}\right)^2} . \frac{p}{\omega\left(1+\frac{\omega}{4p}\right)}.$$

Z równania tego możemy obliczyć wartość iloczynu $A.a$, gdyż ξ jest nam znane.

Weźmy ten sam przykład co poprzednio. Otrzymamy w zależności od różnych ciśnień P_m na zamek wartości $A.a$:

$P_m =$	2400	3800	5250 kg/cm²
$V_0 =$	1400	1600	1750 m/sek
$10^5.A.a =$	39	33	30

skąd dla działa o kalibrze 3 dm. np., otrzymamy:

$$A = 0{,}00013 \qquad 0{,}00011 \qquad 0{,}00010,$$

to znaczy musimy zastosować prochy daleko powolniejsze niż te, jakich się używa. (Francuskie prochy morskie BM_{17} dla dział najcięższych, a więc 340 i 450 mm mają $A = 0{,}00030$). Takie powolne prochy muszą być bardzo grube, co nastręcza duże trudności przy wyrobie prochów nitrocelulozowych, gdyż jak wiadomo jest niemożliwe dostateczne wyeliminowanie rozpuszczalnika przez parzenie bardzo grubych prochów. Trzebaby zastosować prochy bez rozpuszczalnika z 25% zawartością nitrogliceryny.
